Der

belebte und der unbelebte Stoff

nach

den neuesten Forschungs-Ergebnissen.

Von

L. Dressel S. J.

„Das ächte Neue keimt nur aus dem Alten,
Vergangenheit muß unsre Zukunft gründen."
A. W. v. Schlegel.

(Ergänzungshefte zu den „Stimmen aus Maria-Laach". — 22.)

Freiburg im Breisgau.
Herder'sche Verlagshandlung.
1883.
Zweigniederlassungen in Straßburg, München und St. Louis, Mo.

Das Recht der Übersetzung in fremde Sprachen wird vorbehalten.

Buchdruckerei der Herder'schen Verlagshandlung in Freiburg.

Vorwort.

Unserem Jahrhundert war es vorbehalten, die Experimentalforschung zur höchsten Blüthe sich entfalten zu sehen. Nachdem einige wenige Männer gegen Ende des vorigen und zu Anfang dieses Jahrhunderts den Anstoß zu diesem Aufschwung gegeben, wuchs die Zahl der arbeitenden Kräfte in stetig zunehmender Progression, und es steigerte sich in entsprechendem Verhältniß sowohl der Reichthum als auch die Leistungsfähigkeit der Untersuchungsmittel. In kürzester Zeit nahm die exacte Forschung alle Gebiete der Körperwelt gleichmäßig in Arbeit, Alles und Jedes bis in's Innerste hinein auseinanderlegend und die feinsten Triebfedern prüfend, welche das geheimnißvolle Räderwerk des Weltganzen und aller seiner Theile im Gange erhalten. Jedes Jahr mehrten sich die Erfolge, und diese ihrerseits erhöhten die Spannkraft der Forscher. Schon thürmt sich heute das zu Tage geförderte Material in allen Fächern der Naturwissenschaft zu einer Höhe auf, daß auch der Fachmann sie kaum zu überschauen vermag.

Es liegt ganz in der Natur der Sache, daß in diesen Forschungsergebnissen auch kostbares Material enthalten sein muß zur Beurtheilung von Fragen, die, über das Gebiet der Naturforschung hinausgreifend, noch andere Wissenszweige, vor Allem die Philosophie, berühren. Leider wurden diese Errungenschaften in besagter Richtung bisher fast ausschließlich nur von solchen Schriftstellern verwerthet, die tendenziös bestrebt waren, mit Hilfe der Naturwissenschaften die althergebrachten wissenschaftlichen und religiösen Überzeugungen zu bekämpfen. Die Andersdenkenden beschränkten sich fast ganz auf die Abwehr.

In dieser Schrift soll der Versuch gemacht werden, eine Frage von

größter Tragweite, nämlich diejenige über das Verhältniß zwischen dem belebten und dem unbelebten Stoffe, im Lichte der neuesten Forschungsergebnisse festzustellen. Überzeugt, daß das Herbeiziehen allgemeiner Sätze, mögen sie auch noch so zuverlässigen Auctoritäten entnommen sein, hierbei lange nicht den Nutzen bietet, welchen ein genaues und umsichtiges Eingehen auf die Sache selbst gewähren kann, scheuten wir es nicht, den Leser manchmal in's kleinste Forschungsdetail hinabzuführen, wenn dieses zur Lösung unserer Frage dienlich erschien und wenn es sich thun ließ, ohne irgendwelche besondere Fachkenntnisse bei ihm vorauszusetzen. So viel wir indessen auch bemüht waren, den Thatbestand überall so einfach und klar als möglich wiederzugeben, so wird dennoch die eine und andere Stelle wegen der Schwierigkeit des Gegenstandes ohne einige Anstrengung sich nicht durchschauen lassen. Wir bezweckten übrigens auch nicht, eine Unterhaltungslectüre zu liefern.

Das Hauptbestreben der Schrift ist dahin gerichtet, die heute vorliegenden Erfahrungsresultate zur Klarstellung der Lebensursache zu benützen. Zu diesem gesellt sich die Nebenabsicht, den Leser über den neuesten Stand der positiven Kenntnisse vom Leben im Allgemeinen, sowie über die Hauptmeinungen zu orientiren, welche von den Forschern in letzter Zeit zu dessen Erklärung aufgestellt worden sind. An eine allseitig erschöpfende Orientirung war jedoch nicht zu denken; der uns zugemessene Raum zwang uns, aus dem weitschichtigen Material dasjenige, was für unsern Zweck besonders passend erschien, auszulesen. — Die inhaltreiche, wichtige Schrift des Herrn Prof. Strasburger: „Über den Bau und das Wachsthum der Zellhäute" kam uns leider erst zu Gesicht, als unsere Arbeit schon in die Druckerei wandern sollte. Wir suchten die Schrift, so gut als es die Umstände erlaubten, noch zu verwerthen, indem wir Einiges im Texte selbst, Anderes in Anmerkungen berücksichtigten. — Von der in nachstehender Arbeit besprochenen Broschüre der Herren Löw und Bokorny über „die chemische Ursache des Lebens" erschien seither eine zweite Auflage. Weil wir sie zu spät erhielten, um sie am gehörigen Orte berücksichtigen zu können, wollen wir ihr einen Zusatz am Schlusse widmen.

Der Gang unserer Untersuchung im Einzelnen dürfte durch das Inhaltsverzeichniß hinlänglich klargestellt sein. — Ohne von vornherein eine bestimmte Meinung oder Lehre über das Leben zu befürworten, geben wir an erster Stelle den Thatsachen das Wort und ordnen unser Material so, daß die Ursache des Lebens im Verlaufe der Untersuchung wie von selbst in immer schärferer Zeichnung aus demselben sich herauslöst. Wenn wir dabei schließlich die philosophische Auffassung der Alten als richtig erkennen, so haben das die Thatsachen zu verantworten. Diese liegen heute derart, daß nach unserer vollsten Überzeugung kein Forscher, er möge sonst glauben, was er wolle, zu einem anderen Endergebniß kommen wird und kann, sofern er nur offenen und freien Blickes, ohne Sonderabsicht und Hintergedanken, die Thatsachen allseitig erwägt und in richtigem Denken weiter verarbeitet.

Digitized by the Internet Archive
in 2016 with funding from
Getty Research Institute

https://archive.org/details/derbelebteundder22dres

Inhaltsverzeichniß.

Seite

Vorwort III
Einleitendes zur Orientirung 1

Erster Theil.

Fixirung des Unterschiedes zwischen dem belebten und dem unbelebten Stoffe.

Erster Abschnitt: Charakteristik der leblosen Materie.

I. Streben nach dem stabilen Gleichgewichtszustande:
1) in den chemischen Verwandlungen 6
2) in den Zustandsänderungen (Allotropie, Aggregationsänderung) 8
3) in der Krystallisation 11
Ein Wort über das stoffliche „Streben" 12
II. Der Krystall als Endzustand der stofflichen Ausbildung:
1) Verhältniß des Krystalles zu seinen Molekeln . . . 15
2) Treppenförmige Krystalle, Blätterdurchgänge, gestörte Krystallisation 17

Zweiter Abschnitt: Charakteristik der belebten Materie.

I. Die wesentlichen Theile der Zelle 20
II. Das Streben der Zelle nach allseitiger Bewegung:
1) Die verschiedenen Arten der Bewegung in Parenchymzellen:
Protoplasma- und Enchylemabewegung („Massenbewegung") 24
Bewegung des Zellsaftes („Molekularbewegung") . . 27
Chemische Bewegung („Atombewegung") 28
Assimilationsbewegung 29
Desassimilationsbewegung 33
Vergleich mit den Atombewegungen des leblosen Stoffes 37
2) Verschiedenheiten der Zellenbewegung:
nach den verschiedenen Arten von Zellen 38
Vergleich der Protoplasma- und Muskelbewegung . . 42
nach den verschiedenen Stadien der Entwicklung . . . 49
3) Gegenüberstellung der belebten und unbelebten Materie hinsichtlich ihrer Anlage zur Bewegung 52
Präcisirung der Hauptunterschiede 53
Schluß auf die Existenz einer besonderen Lebenskraft . . 57
III. Bildung und Structur des Zellenleibes:
1) Die Zellenorganisation im Allgemeinen 58
2) Die Zellenorganisation im Einzelnen:
im Protoplasma 61
Chemische Differenzirung 63

Seite

Morphologische Differenzirung 68
Quellung und Micellarstructur 72
Molekularbau 76
bezüglich des Zellkernes 85
bezüglich der Zellhaut 86

Dritter Abschnitt: Allgemeine Folgerungen.

Individualität und Theilbarkeit der Zelle und des leblosen Stoffes . . 91
Bestand des Individuums im steten Wechsel 93
Organisation 95
Gegensatz zwischen dem Belebten und dem Unbelebten hinsichtlich der äußeren Gestalt, der inneren Structur und der Beides bedingenden inneren Action. Lebenskraft 95
Widerlegung der Gründe gegen diese Beweise für die Lebenskraft . . 103
Das Verhältniß zwischen Lebenskraft und Materie 112

Zweiter Theil.

Kritik der antidualistischen Lebenstheorien.

Erster Abschnitt: Chemischer Materialismus.

Die künstliche Darstellung organischer Stoffe 121
Die ultramaterialistischen Angriffe Büchners und seiner Consorten . . 124
Die chemische Ursache des Lebens nach Löw und Bokorny 125
Die wahren chemischen Wirkursachen im Organismus und Richtigstellung des Verhältnisses zwischen den chemischen und den Lebens-Erscheinungen 138

Zweiter Abschnitt: Physikalischer Materialismus.

Charakteristik der physikalischen Lebenserklärung nach ihren Hauptvertretern 142
Kritik derselben insoweit als sie auf speculativen Grundlagen ruht . . 146
Kritik derselben inwiefern sie auf einzelne Thatsachen sich stützen will . 149
Die natürlichen Eiweißkrystalloide 150
Die Muskel-Disdiaklasten 151
Die künstlichen Zellen 157
Die physikalische Lebenstheorie J. Bernsteins 161
Das Gesetz der Erhaltung der Energie 173
Nachweis einer positiven Einwirkung des Lebensprincipes auf die Materie 177
Letzte Erklärung des Verhältnisses zwischen Lebensprincip und Materie . 178

Dritter Abschnitt: Psychischer Materialismus.

Atomseelen und Seelenatome, Beleuchtung derselben 189

Vierter Abschnitt: Der Nihilismus als Schluß.

Das Lebensräthsel des Herrn du Bois-Reymond 194
Ursache der „Unerklärlichkeit" des Lebensräthsels 197

Nachträglicher Zusatz 201

Einleitendes zur Orientirung.

In Übereinstimmung mit den gleichzeitigen Naturforschern vertheidigte Alexander von Humboldt zu Anfang seiner literarischen Thätigkeit ganz entschieden jene Meinung, die eine tiefgreifende und wesentliche Differenz behauptet zwischen dem vegetativen Stoffwechsel der lebenden Organismen und den chemischen Processen des Laboratoriums. Zur Verwirklichung der ersteren erachtete er folgerichtig außer den Kräften der anorganischen Materie noch ein anderes höheres Agens für nöthig, die Lebenskraft. In der zweiten Schrift, die er, erst 24 Jahre alt, über die unterirdische Flora Freibergs herausgab, zeichnet er seinen dießbezüglichen Standpunkt mit aller nur wünschenswerthen Klarheit und Schärfe [1]. Zwei Jahre später veröffentlichte er dann in Schillers „Horen" den beifällig aufgenommenen „rhodischen Genius", eine gelungene Personification der Lebenskraft in poetisch schönem, altclassischem Gewande. Mit seinem Leben alterte indessen auch seine Lebensauffassung. Als er 1848 den eben erwähnten Aufsatz — wohl nur als Muster des Stils — seinen „Ansichten der Natur" einverleibte, verwahrt er sich in dem beigefügten Zusatz mit auffallendem Eifer gegen die Annahme der demselben zu Grunde liegenden Jugendgedanken, und fast gewinnt es den Anschein, als hätte er es bereut, auf die Einkleidung einer so unhaltbaren Idee solche Sorgfalt und solchen decorativen Aufwand vergeudet zu haben.

[1] Er sagt darin: „Materiam segnem, brutam, inanimem eam vocamus, cujus stamina secundum leges chymicae affinitatis mixta sunt. Animata atque organica ea potissimum corpora appellamus, quae licet in novas mutari formas perpetuo tendant, vi interna quadam continentur, quominus priscam sibique insitam formam relinquant. Vim internam, quae chymicae affinitatis vincula resolvit atque obstat, quominus elementa corporum libere conjungantur, vitalem vocamus. Itaque nullum certius mortis criterium putredine datur, qua primae partes vel stamina rerum, antiquis juribus revocatis, affinitatum legibus parent. Corporum inanimorum nulla putredo esse potest."

Um seine Forscher-Ehre zu retten, führt er an, daß er bereits 1797 durch die Untersuchung der Muskel- und Nervenfaser dazu bewogen worden sei, an eigenen Lebenskräften zu zweifeln, und daß er sie dann auch bald in's Reich jener „symbolisirenden Mythen" verweisen gelernt habe, „die unter alten Firmen als ernste Theorien auftreten, in Wirklichkeit aber nur die Ansicht der Natur verwickeln und trüben". So der Altmeister der modernen Forschung. Ihm folgte pflichtschuldigst das ganze Heer der Epigonen. Nicht lange dauerte es, und der Standpunkt des greisen Humboldt war weit überholt. Was dieser nur als wahrscheinliche Vermuthung hingestellt, galt ihnen bald als Thatsache, wohl verbürgt durch die großen Resultate der Neuzeit. Wehe demjenigen, der es noch wagte, von der Lebenskraft anders als mit wegwerfender Entrüstung zu reden; wehe dem, der den Muth besaß, den glänzenden Errungenschaften der Wissenschaft kühl und ruhig in's Antlitz zu schauen und, durch ihren verführerischen Schein nicht geblendet, die Lebewesen nach wie vor für etwas mehr als gewöhnliche Stoffhaufen zu halten. Als Forscher war er damit eo ipso gerichtet und mit dem Brandmal reactionärer Unwissenschaftlichkeit an den Pranger gestellt.

Nicht wenig Vorschub leisteten diesem „Fortschritt" der Erkenntniß, wie Jeder weiß, die zündenden Ideen, welche Charles Darwin mit geschicktem, kühnem Griff zu guter Stunde zwischen die Forscher schleuderte. Wie mit einem Schlage fielen die Scheidewände, die bisher die organische Welt systematisch getrennt und geordnet hatten. Und als man innerhalb des Thier- und Pflanzenreiches alle Schranken in wilder Hast eingerissen hatte, kam man folgerichtiger Weise auch dazu, die Grenzen dieser beiden Reiche selbst wieder unter sich, sowie nach oben und nach unten zu prüfen. Im Hinblick auf die radicalen Destructionsprincipien, welche die innere Abbruchsarbeit gezeitigt, konnte das Urtheil keinen Augenblick zweifelhaft bleiben. Nur vernichtend konnte es lauten. Grenzenlose selbständige Entwicklung der Materie aus einem unbegrenzt niedrigen zu einem unbegrenzt höchsten Zustand, eine endlose Reihe des Werdens ohne Anfang und ohne Ende, das war jetzt allein folgerichtig weiter geschritten. Nur zu bald erwies es sich aber auch als ein Schritt in's Bodenlose, in's Halt- und Zielloſe. Denn wohl war es leicht, in diesem Kampfe um's wissenschaftliche Dasein die Mauern und Bauten, welche die Vorzeit aufgeführt, hinwegzudecretiren und ein unabsehbares, wirr verschwommenes Trümmerfeld an die Stelle des alten wissenschaftlichen Systemes zu setzen; aber sehr schwer hielt es, aus diesen Trümmern den geträumten

neuen Einheitsbau zu reconstruiren. Ja bereits drohte diese radicale wissenschaftliche Revolution in's Stocken zu gerathen. Wie gerufen tauchte da am Himmel der Forscher das hellleuchtende Gestirn der mechanischen Wärmetheorie auf. Schon hatte diese die Physik in neue Bahnen geleitet, erfolgreich umgestaltet und wissenschaftlich verklärt; eben begann sie ihr Licht auch auf die Grenzgebiete zu ergießen. Da war es ja nur wieder folgerichtige Verwerthung der Darwin'schen Principien von Anpassung und natürlicher Zuchtwahl, wenn auch die Biologie mit der Mechanik sich vermählte, um, mechanisch-vitale Theorien gebärend, die Lebenswissenschaft in ein neues Stadium der unbegrenzten Fortentwicklung überzuleiten. Wenn die mechanische Wärmetheorie die ganze Physik auf das eine Problem zurückführte, „die Energie materieller Systeme aus ihrer Configuration und jedesmaligen Bewegung abzuleiten", wenn die Chemie als Mechanik der Atome, die Geologie als Mechanik des Erdballs einen unerhofften Aufschwung genommen, warum sollte nicht auch die Lehre vom Leben als Mechanik des Organismus ihr Glück versuchen? Die Mechanik sei darum fortan die Wissenschaft der Wissenschaften! Sie verleiht jeder einzelnen Disciplin exactes einheitliches Gepräge, sie umfaßt alle Disciplinen mit einem einheitlichen ächt wissenschaftlichen Band und läßt sie erscheinen als die verschwisterten Kinder der Mechanik der Natur. Nur so spiegelt sich der Monismus der Natur — wie das ja auch sein soll — im Monismus der Wissenschaft. Dort löst sich Alles in Punkte und Bewegung, hier in Statik und Dynamik auf. Alle Reiche der Natur sind nur verschieden auslaufende Äste des einen Baumes der bewegten Materie; alle Wissenschaften sind nur subjectiv begrenzte Bezirke des einen Wissensgebietes, der Mechanik.

Das geplante wissenschaftliche Einheitsgebäude wäre damit entdeckt; sein Ausbau ist nur noch eine Frage der Zeit. Allüberall ist man frisch am Werk; allüberall wird Alles mechanisch zurechtgelegt. Als lockendes Endresultat, als beglückender Lohn für all dieses wissenschaftliche Ringen winkt in unabsehbarer Ferne — eine mathematische Formel. Jeder Wissenszweig wird natürlich zuerst die ihm zufallende Specialformel abzuleiten haben; aus den Specialformeln ergibt sich dann durch geschickte mathematische Combination die allgemeine Weltformel, von welcher Du Boys-Reymond in seinen „sieben Welträthseln" redet. Fürwahr, der einst mißglückte babylonische Thurm scheint damit neuerdings in Angriff genommen zu sein. Ein kühner Riesengedanke liegt jedenfalls dem Unternehmen zu Grunde. Gewiß, aber à la Don Quijote!

Was Wunder übrigens auch, wenn in unserer Zeit der Schwindelspeculationen und Bankerotte selbst die Männer der Wissenschaft vom Strudel erfaßt werden? Jede einseitige Übertreibung der Wahrheit, besonders wenn sie maßlose Dimensionen annimmt, ist nur von ephemerer Dauer. Deßhalb lag es nur in der Natur der Sache, wenn den sanguinischen Hoffnungen und der rauschähnlichen Begeisterung, mit denen vor etwa drei Jahren die Mechanik-Ideen allgemein aufgenommen wurden, dieser Tage eine katzenjämmerliche Vernüchterung gefolgt ist, eine gedrückte Stimmung, die nach den Geständnissen angesehener Parteiführer einer verzweifelten Muthlosigkeit gleich sieht. Hoffen wir, daß diese Strömung ebenso, wie die unmittelbar voraufgehende darwinistische es gethan, schließlich doch nur der Wahrheit zum Siege verhelfe, daß auch sie den guten Erfolg habe, die Forschung selbst immer mehr aus den Banden jenes seichten Positivismus zu befreien, der nichts als Detailarbeit hochschätzt und in seiner endlosen Zersplitterung unfähig geworden ist, seinen Blick zu einer allgemeineren Betrachtung der Naturgegenstände zu erheben, der, ohne Plan und Ziel einen eisernen Fleiß und eine gewissenhafte minutiöse Untersuchung nur den losgerissenen Bruchstücken zuwendend, wohl unser Wissen bereichern kann, nicht aber die Wissenschaft. Gewiß, der Darwinismus hat viel Unheil angerichtet, besonders auf nicht wissenschaftlichem Gebiete. Neben manchem andern Guten hat er aber auch den nicht gering anzuschlagenden Vortheil geboten, den Geist der Forscher wider seine Absicht universalen Bestrebungen und idealen Zielen zuzulenken. Man hat wieder angefangen, allen Ernstes nach den Ursachen und nach dem innern Zusammenhange der Dinge zu fragen. Die phantastische Stammbaumconstruction eines Häckel ist bereits ein überwundener Standpunkt. Anstatt das Leben durch eine Vertheilung der Lebewesen auf gespensterhaftes Stamm- und Astwerk zu erklären, faßt man es jetzt mit Bernstein, Pflüger, Loew, Pokorny u. A. an der untersten Wurzel.

Bei sothaner Sachlage scheint es angezeigt zu sein, die Berechtigung dieser modernen mechanisch-chemischen Lebenserklärungen, die voraussichtlich noch lange nicht verstummen werden, gründlich zu prüfen und ihren Übergriffen zeitig entgegenzutreten.

Suchen wir uns vor Allem einen festen Boden und einen offenen Standpunkt zu sichern. Sobald wir gute Stellung genommen und den Kampfplatz allseitig recognoscirt haben, wollen wir auch nicht zögern, den Gegnern den Fehdehandschuh hinzuwerfen und das Handgemenge mit ihnen aufzunehmen. Demgemäß wird unsere erste Aufgabe die sein, eine

klare Einsicht zu gewinnen in das Verhältniß des gewöhnlichen, unbelebten Stoffes zum belebten Organismus, und zwar auf Grund der dermaligen Resultate der Experimentalwissenschaft. Es spitzt sich ja unsere ganze Untersuchung zuletzt nur zu der einen Cardinalfrage zu: Bieten in der That die Fortschritte der Wissenschaft eine Handhabe zu jener Annahme der Forscher, die im lebendigen Organismus nichts als die Materie anerkennt, welche der Chemiker aus Molekeln und Atomen bestehen läßt? Wenn wir finden, daß dieses nicht der Fall ist und außer der gewöhnlichen Materie noch etwas Anderes bestimmend eingreift, so wird die Feststellung der gegenseitigen Beziehungen dieser beiden von einander abhängigen Lebensfactoren durch die positive Forschung nicht weiter beanstandet werden können.

Wohlan, prüfen wir also im vollen Lichte moderner Forschung die unbelebte Materie und den lebendigen Organismus auf ihre fundamentalen Eigenthümlichkeiten, um zu sehen, ob sie sich mir nichts dir nichts zusammenwürfeln lassen. Eine gute Dosis von Geduld und gutem Willen werden wir dabei schon nöthig haben; denn unser erster Weg führt nicht durch Rosenhaine, sondern über dürre, trockene Steingefilde. Sie sind aber nicht zu umgehen und lohnen — so hoffe ich — durch reiche Belehrung.

Erster Theil.

Fixirung des Unterschiedes zwischen dem belebten und dem unbelebten Stoffe.

Erster Abschnitt.

Charakteristik der leblosen Materie.

I. Streben nach dem stabilen Gleichgewichtszustande.

Die Vertiefung in die Lehren der Chemie, Physik und Mineralogie führt zu der Überzeugung, daß jeder und aller unbelebte Stoff von Natur aus dem stabilsten Gleichgewichtszustande, dem Zustande möglichster Ruhe und größter Unveränderlichkeit zustrebt, und daß dieses Streben die tiefinnerste Triebfeder für die Phänomene im ganzen Reiche des unbelebten Stoffes bildet, für die Sonnencyclonen, Gewitterstürme und Erdbeben ebenso wie für den Feuerbrand auf dem Herde, für das Rosten des blanken Eisens und das Löschen des Kalkes mit Wasser. Zum Beweise sei kurz auf eine Reihe von Thatsachen hingewiesen. Sie sollen nebenbei dazu dienen, den eben aufgestellten Satz seiner ganzen Tragweite nach besser verstehen zu lassen. — Für's Erste gilt es in der Chemie als allgemeines Gesetz, daß die Elemente, sich selbst überlassen, immer in die festesten chemischen Verbindungen sich drängen, und daß die Vehemenz, mit der sich die Elemente zu verbinden trachten, ceteris paribus in geradem Verhältnisse steht zur Festigkeit der resultirenden Verbindung. Nehmen wir die sechs Metalle: Kalium, Magnesium, Aluminium, Eisen, Silber und Gold, und lassen wir auf jedes einzeln Chlorgas einwirken. Wir erhalten so sechs verschiedene Chlorverbindungen — Alles ächte Salze —, bemerken aber dabei eine sehr verschieden kräftige Einwirkung des Chlors. Bei den ersten drei Metallen steigert sich die Reaction bis zum lebhaften Brennen; am in-

tensivsten ist die Feuererscheinung mit Kalium, weniger energisch beim Magnesium und noch weniger beim Aluminium. Auch die dunkle Einwirkung des Chlors auf die drei anderen Metalle nimmt graduell ab vom Eisen bis zum Gold. Annähernd ganz in demselben Verhältnisse vermindert sich auch die Menge der Wärme, die während des Verbindungsactes entbunden wird. Es verhalten sich nämlich die freigewordenen Wärmemengen wie 105 610 zu 70 505 zu 53 645 zu 41 025 zu 29 380 zu 7696 Wärmeeinheiten. Es sind aber auch die entstandenen Chlorverbindungen in eben dem Grade weniger fest und beständig, als ihr Metall in der obigen Reihe vom Kalium weiter absteht. Abgesehen davon, daß nun schon diese größere Leichtigkeit und Energie, mit der sich die Vereinigung beim Kalium vollzieht, als bei den fünf anderen, klar darauf hindeutet, daß das Chlor lieber mit jenen Metallen sich paart, die ihm eine festere Verbindung gewähren, so geht dieses gleichsam wählerische Streben („Wahlverwandtschaft") der Atome nach der relativ festeren Verbindung ganz unzweifelhaft aus folgender Thatsache hervor. In unseren sechs Verbindungen Chlorkalium, Chlormagnesium, Chloraluminium, Chloreisen, Chlorsilber, Chlorgold vermag immer das Metall der vorhergehenden Verbindung die Metalle der nachfolgenden Verbindungen auszuscheiden und ihnen ihr Chlor zu entreißen; dieß geschieht aber nicht in umgekehrter Ordnung. Es kann also das Gold aus dem Chlorgold durch alle fünf anderen Metalle entfernt werden; es selbst aber vermag keines der anderen vom Chlor zu trennen. Das Eisen verdrängt wohl das Silber und Gold aus ihrer Verbindung mit Chlor, nicht aber das Aluminium, Magnesium und Kalium; das Magnesium verdrängt alle, nur nicht das Kalium; dieses endlich wird über alle anderen fünf Meister, und zwar um so leichter, als das betreffende Metall weiter von ihm in der Reihe entfernt ist, und kann selbst von keinem derselben aus seinem Bunde mit Chlor herausgezerrt werden. Wie hier, so bestimmt in allen chemischen Processen das Recht des Stärkeren den Gang der Action. Als Stärkerer erweist sich aber thatsächlich immer derjenige Stoff, der unter den gegebenen Umständen eine festere Verbindung zu bieten im Stande ist. Zahllos sind die Beispiele, welche die Chemie hierfür beibringen kann. — Die Allgemeinheit dieses Gesetzes folgt indessen auch daraus, daß die Untersuchung der Wärmeveränderung während der chemischen Stoffwandlungen es als Norm hat erkennen lassen, daß dieselben nach derjenigen Richtung verlaufen, in der die größte Wärmeentwicklung ermöglicht wird. Mit der Wärmeausgabe aus dem

Stoffe wächst aber dessen innere Stabilität. Manz nennt dieses thermochemische Gesetz das „Princip der größten Arbeit“ [1].

Es drängen sich aber die Stoffe nicht bloß insofern in den relativ beständigsten Gleichgewichtszustand, als sie die haltbarsten chemischen Verbindungen hervorzubringen suchen, sondern auch dadurch, daß sie in diesen wieder auch stets *jene Zustände anstreben, welche die festesten und dauerhaftesten sind.* — Es macht uns die Chemie mit vielen Beispielen bekannt, in denen ein und derselbe Stoff öfters, selbst unter denselben äußeren Verhältnissen, mit derart verschiedenem Gepräge auftritt, daß man dafür halten sollte, ganz verschiedene Stoffe vor sich zu haben. Diese Erscheinung heißt bekanntlich, wenn sie Elementarstoffen eigen ist, „*Allotropie*“. Schwefel, Selen, Tellur, Phosphor, Arsen, Silicium, Kohlenstoff, Bor zeigen dieselbe in eclatanter Weise. Was für ein Unterschied liegt nicht zwischen Diamant, Graphit und reinem Lampenruß! Und doch sind alle diese drei Stoffe nichts als purer Kohlenstoff. Nicht minder differiren die drei allotropischen Zustände des Phosphors: der gelbe wachsweiche, der rothbraune pulverige und der metallisch-krystallinische Phosphor. Die Ursache dieser sonderbaren Vielgestaltigkeit desselben Stoffes verlegt man heute in die verschiedene Atomverdichtung in seinen Molekeln oder „Polymerisation“, d. h. in den Umstand, daß seine Molekeln in den verschiedenen allotropischen Zuständen aus verschieden vielen Atomen bestehen. Öfters gehen nun diese allotropen Zustände — und dieses ist für uns die Hauptsache — von selbst in einander über, und dann verwandelt sich stets die weniger stabile und weniger dichte Stoffmodification in die stabilere und dichtere, und zwar auch hier wieder unter gleichzeitiger Wärmeentbindung. Eine Verwandlung in umgekehrter Richtung läßt sich allerdings auch bewerkstelligen; dann aber erfolgt die Verwandlung nie von selbst, sondern immer nur in Folge äußeren Zwanges. So ist zum Beispiel für den Schwefel, der eine ausgezeichnete Allotropiereihe stellt, die rhombische oder octaedrische Schwefelform diejenige, welche den festesten Gleichgewichtszustand repräsen-

[1] Ich weiß wohl, daß in neuester Zeit die Allgemeingiltigkeit dieses zuerst durch Berthelot aufgestellten Principes mehrfach angefochten worden ist. Die angeführten Ausnahmen sind aber entweder bloß scheinbare oder beziehen sich auf Processe, in welchen es sich nicht um einfache Affinitätsverhältnisse handelt, sondern complicirende Nebenumstände störend eingreifen. Für jeden Fall bleibt der Satz unberührt, daß der Stoff stets dem Zustande des Äquilibriums zustrebt, das unter den jedesmaligen Umständen das relativ stabilste ist. (Vgl. H. Jahn, Die Grundsätze der Thermochemie. 1882. S. 154 ff.; u. F. Braun, Beibl. zu Wiedemann's Annalen. 1882. S. 539 ff.)

tirt. In diese gehen auch all die anderen Schwefelformen von selbst allmählich über. Erschütterung der Masse beschleunigt dabei den Übergang, weil sie die Beweglichkeit der sich umlagernden Atome begünstigt. Auf sich selbst angewiesen und von Außen nicht gestört, verharrt der octaedrische Schwefel unverändert in dieser seiner größten Ruhelage. Will ich ihn in die sogen. monocline Schwefelform umwandeln, die unter Anderem durch die verschiedene Krystallform charakterisirt ist, so muß ich ihn erst schmelzen und dann in einer Temperatur, die über 70° gelegen ist, krystallisiren lassen. Ich kann diese Verwandlung auch ohne vorhergehende Schmelzung bewirken, wenn ich den octaedrischen Schwefel längere Zeit hindurch nahezu auf der Temperatur erhalte, bei welcher er zu schmelzen pflegt. Sobald ich ihn aber diesem Zwangsverhältnisse entrücke, kann seine Tendenz zum stabileren rhombischen Zustand sich wieder geltend machen, und sie führt ihn auch immer im Verlauf von ein oder zwei Tagen in diesen zurück.

Viel besser bekannt ist eine zweite Art der Zustandsänderung, ich meine die Änderung des Aggregatzustandes. Wer wüßte nicht, daß Wasser unter Null Grad festes Eis ist, über Null Grad flüssig und von 100° an dampfförmig ist? Festes Eis, flüssiges Wasser, luftförmiges Wasser sind stofflich ganz gleich, ein Aggregat von Molekeln, deren jede einzelne aus Wasserstoffatomen und Sauerstoffatomen zusammengesetzt ist. Der Unterschied dieser Wasserzustände beruht einzig in der Art und Weise der Zusammenlagerung der Molekeln. Im Eis sind sie am dichtesten beisammen, im Wasserdampf am lockersten. Im Eise ziehen sich die einzelnen so fest an, daß sie dadurch unverschiebbar werden und eben dadurch das Starre der Masse verursachen. Im Wasser ziehen sie sich wohl noch wirksam an und bleiben deßhalb als eine Masse im Raume beisammen; es ist aber die Anziehung doch schon so sehr abgeschwächt, daß die Molekeln höchst verschiebbar und beweglich geworden sind, und dieses bedingt das Flüssige der Masse. Im Dampfzustand endlich wird die gegenseitige Anziehung der Molekeln durch ihre Tendenz, sich von einander hinwegzubewegen, oder, was dasselbe ist, durch die Excursionsbewegung überwunden, welche den einzelnen Molekeln durch die von Außen zugeführte Wärme ist mitgetheilt worden. — Gleich dem Wasser können alle Stoffe unter geeigneten Bedingungen diese drei, von der Temperatur und dem Drucke allein abhängigen Formen der molekularen Festigkeit und Verdichtung annehmen, vorausgesetzt, daß das chemische Band, welches die Atome in jedem Molekel zusammenhält, im Stande ist, die zur Aggregationsänderung nöthige

Wärme ohne Bruch zu ertragen. Die größte Ruhelage und das stabilste Äquilibrium wird den Stofftheilchen im festen Aggregatzustande geboten, die geringste Ruhelage im Dampfzustande. Dem entsprechend sehen wir denn wieder eine klar zu Tage tretende Tendenz, aus diesem durch den flüssigen Zustand zum Festen überzugehen. Wenn ich Schwefel in einer Glasretorte über Feuer setze, so wird er bei 113° unter Wärme-Absorption schmelzen und dann, bis 448° erhitzt, mit abermaliger Wärmeverschluckung Dampfgestalt annehmen. Die Wandelungen führt nun gewiß der Schwefel selbst aus, aber nicht aus sich selbst, sondern nur durch fremde Macht getrieben, nämlich durch die seinen Molekeln von Außen her aufgebundene Wärmebewegung. Da ein Theil der dem Schwefel zugeführten Wärme fortwährend, ganz besonders aber während des Schmelzens und Siedens absorbirt wird, d. h. aufhört, als wirkliche Bewegung fortzubestehen und zur Überwindung eines inneren, von den Molekeln gebotenen Hindernisses, oder, wie man technisch sagt, zu „innerer Arbeit", verbraucht wird, so ist damit thatsächlich bewiesen, daß die Stoffmolekeln gegen die Wirkung des fremden Eindringlings wirksam ankämpfen. Sowie ich aber die Hitze spendende Lampe unter der Retorte wegziehe und damit der Wärme des Schwefels nach Außen abzufließen gestatte, nehmen die Molekeln nicht bloß selbst, sondern auch aus sich selbst jene inneren Lagerungsverhältnisse wieder an, die ihrem Naturdrang mehr entsprechen: der dampfförmige Schwefel wird wieder flüssig und fest. Was jedoch beim Schwefel eintritt, das ereignet sich bei allen Stoffen.

Es gibt noch andere Erscheinungen, die vielleicht noch helleres Licht auf dieses Streben des Stoffes nach dem festen Aggregatzustand zu werfen geeignet sind. Wir entnehmen sie der Chemie. Ein Gesetz von allgemeiner Giltigkeit lautet: So oft beim Vermischen zweier oder auch mehrerer Salzlösungen in Folge des Austausches der Atome zwischen den Salzmolekeln ein neues festes und unlösliches Salz entstehen kann, so bildet dieses sich immer sofort beim Mischen der Lösungen und scheidet sich aus. Dieß geschieht öfters auch dann noch, wenn selbst die neu entstandene Verbindung chemisch nicht ganz so fest gebunden ist, wie diejenigen, aus denen sie hervorgegangen ist. — Ähnlich ist folgende Erscheinung. Befinden sich mehrere Basen und Säuren[1], die verschieden gruppirt andere und andere Reihen von Salzen geben können, in heißem Wasser gelöst oder in ein-

[1] So nennt der Chemiker zwei wichtige Klassen von zusammengesetzten Substanzen, die, von conträrem chemischen Charakter, sich leicht mit einander verbinden, um neutrale Salze zu bilden.

facher Schmelzung, so werden sie beim Abkühlen stets so sich combiniren, daß zuerst das am schwierigsten lösliche oder schmelzbare Salz entsteht, dann an zweiter Stelle das zweitunlöslichste oder zweitunschmelzbarste und so fort. Die anderen Combinationen, die auch möglich, aber leichter löslich oder schmelzbar sind, kommen gar nicht zu Stande. Gewiß lauter Beweise für ein allseitiges Hindrängen zum festen Aggregatzustand.

Der feste Aggregatzustand kann aber selbst wieder in zwei Weisen auftreten: in der *krystallinischen* und der *unkrystallinischen*. Erstere ist jene, in welcher die Molekularkräfte besser äquilibrirt sind und die Ruhelage der Molekeln solider ist. Denn im krystallinischen Zustande sind die Stoffe härter, besitzen höheres specifisches Gewicht und werden weniger leicht von chemischen Agentien angegriffen. Es ist aber wieder eine allgemeine Erfahrung, daß die Stoffe von selbst krystallinisch zu werden suchen, *selbstthätig und ohne äußere mitwirkende Beihilfe aus der unkrystallinischen Molekellage in die krystallinische übergehen und dabei Wärme entwickeln*. Geschmolzener Zucker erstarrt als structurlose, amorphe Masse in der Jedem wohlbekannten Form des „Gerstenzuckers". Beim Liegenlassen geht dieser aber in krystallinischen Zucker über, was durch Trübwerden sich zu erkennen gibt. — Der kohlensaure Kalk, welchen der Chemiker so oft als Niederschlag oder Absatz aus Kalkwasser erhält, ist beim ersten Entstehen völlig unkrystallinisch. Er nimmt aber von selbst nach und nach Krystallgefüge an, in der Kälte sehr langsam, schnell in der Wärme, weil diese den Molekeln größere Beweglichkeit gibt. — Statt vieler anderer ähnlicher Belege sei nur noch auf das morgenrothe chromsaure Kalium hingewiesen, das bei dieser Verwandlung sich etwas auffälliger benimmt. Geschmolzen und wieder erstarrt, ist es erst amorph. Bevor es jedoch ganz kalt geworden, bläht es sich plötzlich auf und zerfällt in einen Haufen winziger Krystalle.

Ich hoffe, obige Beispiele werden unseren Satz, daß der unbelebte Stoff immer dem stabilsten Äquilibrium zustrebe, zur Genüge erhärtet haben. *Ein* Umstand verdient indessen noch ganz besonders hervorgehoben zu werden, nämlich die Thatsache, daß bei allen diesen Veränderungen, welche der Stoff von selbst ausführt, stets *Wärme aus ihm entbunden* wird, ja daß nach dem thermochemischen „Princip der größten Arbeit" die Verwandlung, falls sie in mehrfacher Weise geschehen könnte, immer jene Richtung einschlägt, bei der am *meisten* Wärme ausgegeben werden kann. Diese ausgegebene Wärme ist aber nach der dermaligen Überzeugung der Gelehrten nichts anderes als eine in den

Stoff hineingetragene wirkliche Bewegung oder Bewegungskraft, oder — wie sie sich ausdrücken — nichts anderes als „kinetische" oder „potentielle Energie". Hieraus folgt, daß der Stoff stets darauf ausgeht, seine innere Bewegung möglichst herabzustimmen und aus sich hinauszuschaffen, sowie die innere Ruhe in demselben Maße zu mehren und zu kräftigen. Weil nun ferner die potentielle Energie oder die nicht als wirkliche Bewegung vorhandene Bewegungskraft im Stoffe eine Art von „Disgregation" besagt, d. i. in den meisten Fällen ein Auseinandertreiben seiner kleinsten Theilchen, eine größere Entfernung derselben von einander, so ist dem Stoffe mit dem Streben nach Verminderung seiner inneren Energie immer auch ein anderes eigen, nämlich das Streben nach der geringsten Raumerfüllung oder, was auf dasselbe hinausläuft, nach der größten Dichte, Compactheit, Starrheit. Und so wurde denn auch neulich in der That dem Principe der größten Arbeit ein zweites, das „Princip der kleinsten Raumerfüllung", an die Seite gestellt. — — Suchen wir für diese Wärme und Volumenverhältnisse eine tiefere Begründung, so dürfte uns diese der allgemeine Satz der Mechanik bieten, welcher besagt, „daß ein System materieller Punkte im Zustande des stabilen Gleichgewichtes sich befindet, wenn die Wirkung aller auf das System einwirkenden Kräfte auf ein Minimum reducirt ist", oder um dasselbe in einer anderen Form wiederzugeben, „wenn der Verlust des Systemes an Bewegungsgröße der größtmögliche ist".

Wir haben bisher immer von einem „Streben" des Stoffes nach dem relativ festesten Gleichgewichte gesprochen. Zum Schlusse dieses Paragraphen wird es nicht unnütz sein, über die Art dieses Strebens noch ein Kurzes beizufügen. Der Mensch strebt, das Thier strebt, die Pflanze strebt, der Stein strebt, kurz Alles strebt, weil selbstthätig, einem Ziele zu. Erfahrungsgemäß jedoch thut dieses ganz anders der Stein, die Pflanze, das Thier, der Mensch. Getreu unserem Vorsatze, philosophisch aprioristischen Discussionen möglichst ferne zu bleiben, wollen wir auch hier diesen fundamentalen, weittragenden Begriff nur soweit berühren, als er durch Thatsachen sich fixiren läßt. Da zudem diesem Begriffe von Seite der Philosophen die verschiedenste Deutung zu Theil wird, wäre seine philosophische Entwicklung hier nicht möglich, ohne unseren späteren Folgerungen vorzugreifen und unserem objectiven Standpunkte zu präjudiciren.

Von Allen wird die Materie für wesentlich „träge" erklärt. Mit diesem Worte wird zunächst nur bezeichnet, daß die Materie sich von

selbst oder aus sich selbst zu keinem Bewegungsacte bestimmen kann, gleichviel, ob es sich nun darum handelt, aus dem Zustande der Ruhe in den der Bewegung überzugehen, oder ob eine wirkliche Bewegung sistirt, ja selbst auch nur irgendwie geändert werden soll. Zu alledem bedarf sie eines Impulses oder eines Hemmnisses von Außen. Weil ferner keine positive Beobachtung vorliegt, welche in der Materie eine Selbstbestimmung zu irgend einer anderen Art von Thätigkeit constatirt hätte oder auch nur vermuthen ließe, wohl aber das gerade Gegentheil in allen ihren Wirkungen factisch nahe gelegt wird, so kann man die Trägheit mit Fug und Recht noch weiter auf die Unfähigkeit ausdehnen, sich zu irgendwelcher neuen Thätigkeit oder auch nur irgend einer Änderung der Thätigkeit selbst zu bestimmen. — Hiernach dürfen wir also das Streben der Materie nach festem und festerem Äquilibrium nicht auffassen als einen inneren Trieb, sich einen *neuen* Zustand zu geben. Wir werden es uns vielmehr als ein actives Bestreben denken müssen, in dem *einen* normalen, von Natur aus ihr zukommenden Bewegungs- und Thätigkeitszustande zu *verharren*, ihn äußeren Einwirkungen gegenüber nach Möglichkeit festzuhalten und, nachdem äußere Kräfte die Materie aus demselben hinausgedrängt haben, zu ihm sobald und soviel, als es die Umstände gestatten, immer wieder zurückzukehren; etwa ähnlich wie eine elastische Feder, welche vermöge ihrer inneren Disposition eine bestimmte Lage innezuhalten sucht, und aus ihrer Ruhelage weggeschoben, in dieselbe sich zurückversetzt.

Sehen wir mit der modernen Forschung in der Materie ein System materieller kleinster Theile[1], dem wechselnde Mengen potentieller und kinetischer Energie innewohnen, so existirt für jede Stoffart, also schließlich für alle stofflich verschiedenen Atome und Molekeln, erstens immer *eine* Disposition ihrer Massentheilchen und zweitens *eine* Form und *eine* Quantität von Energie, welche ihren normalen Zustand repräsentirt. Unter den factisch obwaltenden Verhältnissen ist aber Beides, sowohl die Disposition der Massenteilchen als auch die Energie, einer fortwährenden und variirenden Einwirkung von Außen her preisgegeben und wird ohne

[1] Wir erklären gleich hier ein- für allemal, daß wir oben und wo immer wir zur Interpretation der mechanisch-stofflichen Erscheinungen die *chemische* und *physikalische* Atomtheorie heranziehen, keineswegs der *philosophischen* Atomtheorie das Wort reden wollen, welche *Alles* aus materiellen Punkten und lokaler Bewegung ableiten will. (Vgl. T. Pesch S. J., Institutiones philosophiae naturalis. 1880, p. 124.)

Unterlaß bald mehr, bald weniger aus der normalen Ruhelage herausgezerrt. Deßhalb sind Atome und Molekeln stets in einem gewissen Spannungszustand und bemüht, Beides nach Möglichkeit auf den Normalzustand zurückzubringen und eben dadurch eine endlose Reihe der verschiedensten Erscheinungen zu veranlassen, die wir als chemische und physikalische zu bezeichnen pflegen. Auf Einwirkung und Gegenwirkung, auf Action und Reaction reducirt sich also alles Handeln und Wandeln im Stoffe, ohne daß die Grundanlage und die Grundthätigkeit der activen Stofftheilchen selbst sich änderte. Die Bewegungsenergie wandert dabei — wenigstens zum Theil — gleich einer ewig fließenden Kraft von Stoff zu Stoff, verändert ihre Form, ihren Zustand und ihre Größe nach mechanischen Gesetzen je nach der Natur und dem jedesmaligen Zustande des Stoffes, den sie entweder vorübergehend passirt oder in dem sie sich zeitweilig festsetzt, und endlich je nach den sämmtlichen äußeren Bedingungen, unter denen sie das Eine oder Andere ausführt. Der Stoff wird dadurch natürlich selbst auch, Dank seiner Trägheit, in tausend und abertausend Variationen hineingetrieben. Diese Variationen sind für ihn aber nur zufällige; in seiner einen Grundthätigkeit, die auf das möglichste Festhalten des Normalzustandes abzielt, erleidet er nie die geringste Wandlung. Wenn man also heute wieder überall den Spruch des „einsamen Denkers" von Ephesus, des „scharfblickenden" Heraclit: „Alles fließt" als erstes Axiom hochhalten sieht, so lasse man sich ja nicht beirren. Nicht Alles fließt, nur die übertragbare Energie fließt durch die träge Materie. Doch auch dieses eine „Bewegungselement" im Stoff, das zum Stoff aber selbst nicht gehört, fließt mit mathematischer Nothwendigkeit wieder nur einer ewigen, wenigstens relativen Ruhe zu. Clausius, heute wohl die erste Autorität für diesen Gegenstand, hat ja bewiesen, daß die Energie im ganzen Universum Tag für Tag mehr in's Gleichgewicht kommen muß und so Tag um Tag dem Zustand des totalen Gleichgewichtes näher rückt, bei dem jeder fernere chemische, physikalische und mechanische Wechsel im Stoffe unmöglich wird, dem Zustande der absoluten, ewigen Erstarrung der ganzen Stoffwelt[1].

[1] Vgl. J. Epping S. J., Der Kreislauf im Kosmos. 1882, S. 91 ff. C. Gutberlet, Das Gesetz von der Erhaltung der Kraft, in „Natur und Offenbarung", Jahrg. 28. 1882, S. 513 ff. Der allerneueste Versuch, dieses dem Materialismus so mißliebige Endstadium im Universum wegzudecretiren, rührt von W. J. M. Rankine („Naturforscher" Jahrg. 15. 1882, S. 377). Es ist nur eine Repristination einer älteren Hypothese und den Clausius'schen Folgerungen gegenüber ebenso ohne Belang, wie die anderen, welche Reuschle, Mohr, Falb und Siemens angestrengt haben.

Wie alle Einzelstoffe des unbelebten Naturreiches auf verschiedenen Wegen im vielverzweigten Strome des Energiewandels der größten Starre entgegentreiben, geleitet von der in ihrem Innersten geborgenen Triebkraft, so thun es auch die gewaltigen aus ihnen geballten Massen, welche im Weltenraume kreisen, unsere Heimstätte, die Erde, nicht minder als die leuchtenden Sonnen in weitesten Fernen. Wegen der auch aus ihnen ohne Unterlaß in den intramundanen Äther abfließenden Wärmeenergie und der langsam aber stetig voranschreitenden Verfestigung ihres Stoffes durch physikalische wie chemische Processe wird unsere Erde eines Tages naturnothwendig, — wenn sie nicht vorher in ihrer Umbildung gestört wird, — eine öde, regungslose Stein- und Sandwüste werden ohne fließendes Wasser, ohne saftige Pflanze, ohne bewegliches Gethier auf ihrer Außenfläche, ohne jede convulsive Zuckung in ihren Eingeweiden, gleich dem starren Felsengrabe eines ausgebrannten Kraters, — als *eine* rissige Ruine jenes vieltausendjährigen Wohnsitzes des erlauchten, durch das Blut eines Gottes geadelten Geschlechtes der Menschen, durch den Weltraum rollend. Bekanntlich ist der Erde einziger Sprößling, der Mond, mit seinem immergleichen versteinerten Antlitz der lebenskräftigeren Mutter schon lange zu diesem Endstadium vorausgeeilt.

„Auch da droben ist Drangsal
Und droht mit Vernichtung,
Auch am Himmel, so hör' ich,
Erloschen schon Lichter,
Und die stolzesten Sterne
Erwartet Zerstörung." [1]

II. Der Krystall als Endzustand der stofflichen Ausbildung.

Die Atome streben erst nach den festesten chemischen Verbindungen, dann in diesen zum festen Aggregatzustand und in diesem endlich zu krystallinischer Vollendung. Das bezeugten uns eben die Erfahrungsthatsachen. Das bedeutet symbolisch auch das Wort „Krystall"; denn, abgeleitet vom griechischen κρύος (Frost) und στέλλειν (zusammenziehen), besagt es den „durch Kälte zusammengezogenen", d. h. den durch Energieverlust höchst eingeengten und verfestigten Körperzustand. Der compacte, harte, regelmäßig gebaute Krystall bildet mithin, so wie er für jeden Stoff dessen Endzustand darstellt, nach welchem er immerdar hingravitirt, überhaupt den vollendeten, zumeist charakteristischen Zustand

[1] So singt ein uraltes isländisches Lied.

der unbelebten Materie. „Im Krystall," sagt einer unserer tüchtigsten Mineralogen[1], „offenbart sich das Wesen der Materie und zwar in zweifacher Weise: durch regelmäßige Gestalt und durch gesetzmäßige Mischung. Die äußere, regelmäßige Form fällt zunächst überraschend in's Auge; geometrische Gesetze, eine natürliche Geometrie enthüllt sich im Bau des Krystalls." „Die äußere Form, deren strahlende Schönheit unser Auge entzückt, ist Bild und Zeichen der im Innern des Krystalles thätigen Kräfte." „So ist der Krystall in Form und Mischung gleichsam eine Welt für sich, ein Mikrokosmos, in welchem die Eigenschaften der Materie zur Erscheinung kommen." Grund genug, gerade diesen Zustand der leblosen Materie einer besonderen Prüfung zu unterziehen und seine wesentlichen Merkmale klar und bestimmt zu fixiren. Es wird diese Erörterung aber auch unseren späteren Discussionen einen nothwendigen Stützpunkt liefern.

Vorab machen wir die wichtige Bemerkung, daß das Wesen des Krystalles nicht in seiner regelmäßigen, äußeren Umgrenzung durch ebene Flächen, durch gerade Linien und durch mathematisch genau geschnittene Ecken zu suchen ist; es liegt vielmehr in der gesetzlichen inneren Zusammenlagerung der Krystallmolekeln. Jene äußeren, stereometrisch vollkommenen Formen sind, wie oben vom Rath richtig sagte, „nur Bild und Zeichen der im Innern des Krystalles thätigen Kräfte"; sie sind eine nothwendige Folge der inneren Molekelstructur[2]. Wenn ich von einem Krystall auch alle Ecken und Kanten wegschlage, wenn ich seine spiegelglatten Flächen zerritze und noch so sehr verunstalte, so hört darum das unförmliche Überbleibsel nicht auf, vollkommen krystallinisch zu sein. Gegen Licht und Wärme, gegen Elektricität und Magnetismus, kurz, in allen physikalischen und chemischen Merkmalen verhält es sich wesentlich genau so wie der unbeschädigte Krystall und unterscheidet sich wie dieser von jedem unkrystallinischen Aggregate.

Starr und compact der Masse nach, der Form nach durch ebene, gesetzmäßig und symmetrisch vertheilte Flächen umschlossen, enthält der Krystall dem entsprechend in seinem Innern die Molekeln einerseits fest an einander gedrängt, so daß jedem derselben die solideste Ruhelage

[1] Prof. G. vom Rath, Über den Granit. Virchow-Holtzendorff'sche Sammlung wissenschaftl. Vorträge XIII. Serie. 1878. S. 4 u. 5.

[2] Vgl. L. Sohnke, Entwicklung einer Theorie der Krystallstructur, 1879, und dessen späteren ergänzenden Aufsatz über die Ableitung der „rationalen Flächenindices" in Wiedemanns Annalen der Physik und Chemie 1882, S. 489.

und die relativ kleinste Verschiebbarkeit gesichert wird, und andererseits in einer derart gesetzlichen symmetrischen Anordnung und Vertheilung, daß nur nach den gleichen Richtungen durch den Krystall gleiche Lagerungsverhältnisse der Molekeln obwalten, nach verschiedenen aber verschiedene. Dabei liegt aber dennoch jedes einzelne Krystallmolekel genau so wie das andere, hat jedes einzelne dieselben örtlichen Beziehungen zu den ringsum befindlichen, wie das andere. Diese Lagerungsverhältnisse sind ihrerseits wieder allein bedingt und gegeben durch die orientirenden Verbindungskräfte des einzelnen Krystallmolekels. Dieses bildet also das eigentliche Krystall-Individuum und nicht der ganze Krystall. Der Gesammtkrystall ist nur eine einfache Summe dessen, was bereits ganz und voll in den Molekeln enthalten ist, so daß durch die Summirung weder Neues hinzukommt, noch am Vorhandenen etwas geändert wird.

Dieses Verhältniß zwischen dem ganzen Krystall und seinen Molekeln gibt sich nicht bloß beim „Wachsen" der Krystalle aus Lösungen und Schmelzflüssen, aus Dämpfen und Niederschlägen deutlich zu erkennen, es erhält sogar in den sogenannten „treppenförmigen" Krystallen sowie in den Anätzungsfiguren auf Krystallen, ganz besonders aber in den „Blätterdurchgängen" einen bleibenden objectiven Ausdruck. Lasse ich nämlich Kochsalz, Eisenvitriol, Alaun, Salpeter, Blutlaugensalz aus heißem Wasser schnell auskrystallisiren, oder lasse ich geschmolzenes Wismuthmetall, Zinn, Schwefel nur theilweise im Tiegel erstarren, indem ich den noch geschmolzenen Rest durch rasches Abgießen davon trenne, so bilden sich die wundervollsten architektonischen Miniaturgebilde, denen gegenüber alle Kunstbauten in Bezug auf gesetzmäßige Genauigkeit helle Stümpereien sind. Geradlinige, scharfkantige Treppchen stoßen bei den verschiedenen Substanzen unter verschiedenen, bei derselben Substanz aber unter constanten Winkeln zusammen, um bald zu den zierlichsten Pyramiden sich in die Höhe zu thürmen, bald umgekehrt grübchenartig in die Tiefe zu sinken. Hier schmiegt sich Würfelchen an Würfelchen; dort legen sich winzige Rhomboeder oder geschobene Cuben regelmäßig über einander; da reiht sich wie nach der Schnur ein gleichseitiges Dreieckchen an das andere, alle die Spitze nach derselben Seite wendend, alle in gleicher Flucht und Höhe geordnet; wieder anderswo stoßen kantige, glatte Leistchen zu pallisadenartigen Mauern zusammen, mit denen schanzgrabenähnliche Rinnen sich paaren, und noch tausend andere allerliebste Structurformen kann man da sehen. Hierzu kommt dann, daß die minimalen Flächen, weil vollkommen eben, das Licht in hohem Grade spiegeln,

und, weil verschieden geneigt und gelegen, durch Brechung und Beugung das herrlichste Farbenspiel veranlassen, welches beim Drehen und Wenden der Krystallgruppen gleichsam Leben annimmt unter zitterndem Glitzern und schreiendem Wechsel der Farben. Die Krystallisationen treten indessen nur dann in dieser durchbrochenen Form voll eigenartiger Lücken und Vertiefungen auf, wenn sie schnell, gleichsam übereilt sich bilden, oder wenn sie im Wachsen plötzlich unterbrochen werden. In diesem Falle finden die einzelnen Molekeln nicht die nöthige Ruhe und Gelegenheit, um fertige Bauten zu liefern, und es wird uns so ein Einblick in die Art und Weise gestattet, wie sie aus den einzelnen Quadern den Krystall zusammenfügen. — Je langsamer ein Stoff aus seinen Lösungen krystallinisch sich ausscheidet, desto mehr schwinden die regelmäßigen geradlinigen Lücken und Löcher; alles wird *ein* Stück, *ein* Krystall, wie aus einem Guß. Außen verräth keine Linie, kein Spältchen seine innere Composition. Sie ist jedoch nur durch die gleichmäßige, vollkommenste Zusammenfügung verdeckt. Ätze ich durch gewisse Flüssigkeiten, welche sehr langsam lösend auf die Krystallsubstanz einwirken, die glatten Flächen an, so kommen ganz ähnliche Vertiefungen und Einsenkungen wieder zum Vorschein, wie sie auch beim schnellen Wachsthum entstehen, weil nicht alle Theilchen in gleicher Weise der Einwirkung ausgesetzt sind. Noch klarer lehren dieses die „Blätterdurchgänge". Schlage ich nämlich in geschickter Weise gegen das einheitliche Krystallgebilde, so setzen mit einem Male parallele ebene Spaltflächen nach verschiedenen Richtungen durch die Masse, und zwar bei demselben Stoffe immer in derselben Richtung und unter denselben Winkeln. Die vorher einheitliche Masse löst sich so in tausend gleichgebildete, regelrecht umschlossene Partikeln, die jedoch nicht immer dieselbe äußere Gestaltung haben wie der Gesammtkrystall — ähnlich wie manche Mauer aus Quadersteinen, von Meisterhand aufgebaut, nur solange eine einheitliche Steinwand zu sein scheint, bis ein Erdbeben oder der Zahn der Zeit ihr inneres Gefüge vor Aller Augen offen legt. Was bei der Mauer der Mörtel ist, das ist im Krystall die Cohäsion, welche wie der Mörtel nur zwischen getrennten Theilen verbindend thätig sein kann. Und gerade wie der Mörtel nur beim Bruche in einer solchen Quadermauer deutlich zum Vorschein kommt, so tritt nicht selten auch die verkittende Cohäsion während brüsker Zertrümmerung des Krystalles in Form von Lichtblitzen oder wahrnehmbaren Elektricitätswirkungen klar zu Tage.

Noch ein anderes Beispiel möge diese Krystallstructur erläutern.

Hänge ich eine dicke Schnur in eine Salzlösung, so bekomme ich nie einen einheitlichen Krystall, sondern ein wirres Haufwerk kleiner Kryställchen umkleidet die Schnur. Gewiß hat jeder Leser schon derartige Bildungen in Gestalt der an Fäden gewachsenen Gruppen von Kandiszucker gesehen. Woher diese Erscheinung? Einfach daher, weil die Anziehung der Schnur, nach allen Seiten in der Runde wirkend, den Absatz der ersten krystallisirenden Salztheilchen nicht in gesetzmäßiger gleicher Orientirung geschehen läßt. Wenn nun auch nachher die folgenden Theilchen in regelrechter Orientirung an die ersten sich anzulagern suchen, so stören sie sich doch beim Weiterbau alle gegenseitig, weil die erste Anlage gestört wurde, diese aber bestimmend bleibt für das Weiterwachsen. Der Unterschied zwischen einem solchen bunten Haufwerke und einem treppenförmigen oder vollkommen ebenflächigen Krystalle liegt also nur in der ungleichen und gleichen Orientirung der Theilchen. Theilchen sind hier wie dort vorhanden; die Composition aber ist im letzten Falle verdeckt, im ersten äußerlich offenkundig.

Es ist nur eine nothwendige Folge dieses Verhältnisses zwischen dem Gesammtkrystall und seinen Molekeln, wenn die Krystalle kein bestimmtes Volumen beanspruchen. Dieses ist in der That für sie ebenso variabel, wie die Länge der den Bauplan beherrschenden Krystallachsen, die vom Centrum und Wachsthums-Anfange aus unter bestimmten Winkeln endlos in den weiten Raum sich ausgabeln. Die kolossalen Rauchtopase mit dem 133 kg schweren, armlangen und schenkeldicken „Großvater“[1] an der Spitze, welche man in der berühmten Krystallhöhle am Tiefengletscher, nahe beim Furkapasse, gebrochen, sind Krystalle genau derselben Art wie die Rauchtopaschen von nur 5 cm Länge und 1 mm Dicke.

Das in skizzenhaften Zügen die Charakteristik des leblosen Stoffes nach seiner innersten Naturanlage. Halten wir nun den lebendigen Organismus daneben. Zur Vereinfachung und höheren Präcisirung der Parallele wählen wir als Vergleichungsobject eine einfache Pflanzenzelle, also das Lebendige auf der untersten Stufe, den Organismus, der am wenigsten von der unorganisirten Materie abweicht. An eben diesem Punkte hat ja auch der Materialismus in letzter Zeit sein Grabscheit angesetzt, in der Hoffnung, mit einem leichten Rucke alle supramaterialistischen Lebenstheorien über den Haufen zu werfen. Er hat sich aber

[1] Er befindet sich dermalen mit seinen schönsten Gevattern im mineralogischen Museum zu Bern.

dabei gewaltig verrechnet; je mehr er grub und wühlte, desto unergründlicher erwiesen sich die Wurzeln des Lebens. — Zum richtigen Verständniß der nachfolgenden Erörterungen müssen wir uns vor Allem darüber klar werden, was zu einer lebendigen Zelle gehört.

Zweiter Abschnitt.

Charakteristik der belebten Materie.

I. Die wesentlichen Theile der Zelle.

In dem normal und voll entwickelten einzelligen Pflanzen-Organismus, etwa in einem grünen kugelig oder elliptisch runden Cosmarium, das kaum $^1/_{10}$ mm Durchmesser hat und frei im Wasser unserer Sümpfe und Gräben umherschwimmt, haben wir zwei Sachen wohl auseinander zu halten: die Zellhaut und den Zellinhalt. Letzterer allein ist das Wesentliche an der Zelle, der wirkliche Zellleib, die erstere aber nur eine unwesentliche Zugabe, ein aus Zellfasersubstanz (Cellulose) gewobenes Kleid, das der Zellleib je nach Bedürfniß selbstthätig aus seiner eigenen Leibessubstanz herausbildet und sich umwirft. Die Zellwand steht also zum Zellinhalte in einem ganz ähnlichen Verhältnisse wie die Muschel oder das Schneckenhaus zu den Thieren, welche sie beherbergen. Der Zellleib der niedrigsten Lebewesen zeichnet sich, gemäß seiner Stellung auf der Stufenleiter der Organismen, durch den Mangel jeder augenfälligen inneren und äußeren Gliederung so sehr aus, daß man oft mit Grund daran zweifeln könnte, ob er überhaupt noch ein Organismus genannt werden dürfe. Eine scheinbar ganz structur- und formlose Masse von zähflüssiger, schleimiger Consistenz und mit zahlreichen Körnchen durchmischt und deßhalb von weißgrauer Farbe ist Alles, was ihn ausmacht. Ganz passend nennt man diese Schleimmasse Protoplasma, um anzudeuten, einmal daß wir hier den lebendigen Stoff im Anfangsstadium seiner organisirten Ausgestaltung vor uns haben, dann aber ganz besonders auch, daß wir in diesem Stoffzustand den factischen Ausgangspunkt zu allen, auch den höchst organisirten Pflanzen- und Thierleibern haben. Denn alle beginnen sich aus den allereinfachsten Protoplasmazellen zu entwickeln, welche dem Stoffe und der allgemeinen Anlage nach sich nicht wesentlich von einander unterscheiden[1]. Aus diesem Grunde hat denn

[1] Als man die principielle Übereinstimmung des schleimigen Inhaltes in den Pflanzen- und Thierzellen noch nicht kannte, gab man ihm verschiedene Namen.

auch die moderne Pflanzen- und Thierphysiologie das Protoplasma für den eigentlichen materiellen Träger alles Lebens erklärt.

Die äußerste Schichte oder die sogenannte „Hautschichte" entbehrt der Körner und wird dadurch farblos, sowie in hohem Grade hell und durchsichtig. Dieses Umstandes wegen unterscheidet man ein Körnerplasma und ein Hautplasma oder hyalines Plasma als zwei Varietäten des Protoplasma's. Der Unterschied ist jedoch kein fundamentaler; denn jedes Protoplasma kann sich der Körner („Mikrosomen") entledigen und zum hellen Plasma werden, und umgekehrt wird aus hyalinem Plasma oft Körnerplasma. Außerdem sieht man in den meisten Zellen einen Theil des Protoplasma's in mehr verfestigtem und ruhigem Zustande, während ein anderer, „Enchylema" genannt, als flüssiger Saft in Strömen sich innerhalb des ersteren herumwälzt. So scharf indessen auch diese Scheidung in zwei Protoplasmaformen in vielen Zellen ausgeprägt ist, so kann ihr ebenso wenig wie der vorhergehenden eine principielle Bedeutung beigelegt werden, weil wir diese Scheidung in den anderen Zellen ganz allmählich verschwinden sehen, bis solides Protoplasma und Enchylema zur einheitlichen Masse verschmelzen, wie dieses z. B. in den Plasmodienzellen der Schleimpilze eintritt.

Das Protoplasma trägt, in seine weiche Masse eingebettet, gewöhnlich ein rundliches, bislang noch ganz mysteriöses Gebilde, den „Zellkern". Er darf nicht mit den oben erwähnten zahlreichen kugelrunden Mikrosomen des Protoplasma's verwechselt werden. Der Zellkern ist nicht nur viel größer, sondern chemisch und morphologisch von jenen und vom Protoplasma selbst verschieden. Dem Stoffe nach erweist er sich aus ungleichen Schichten zusammengesetzt, welche in bestimmter Weise geformt und combinirt sind. Nach Professor J. v. Hanstein gewahrt man außerdem in seinem Centrum fast immer ein deutlich gesondertes, kugeliges Einschiebsel mit scharfen Umrissen. Es geht unter dem Namen „Kernkörperchen" (Nucleolus). — Meistens begnügt sich eine Zelle mit einem Zellkern und dieser mit einem Kernkörperchen; es gibt indessen auch Kerne mit mehreren Kernkörperchen und Zellen mit mehr als einem Kerne, ja manchmal mit „hunderten und tausenden" [1]. Während nun die Einen

Nur der Pflanzeninhalt hieß Protoplasma, derjenige der Thierzellen aber Sarcode. Jetzt hat man letztere Bezeichnung fallen lassen, ohne jedoch damit eine totale Identität behaupten zu wollen.

[1] Das Protoplasma. S. 86. Schmitz, Sitzungsberichte der niederrheinischen Gesellsch. für Natur- und Heilkunde. 1880, S. 177.

dafürhalten, diese Zellkerne seien für das Zellleben keineswegs erforderlich, geben ihm Andere eine so hohe Bedeutung, daß keine Zelle desselben zu ihrer vollen Entwicklung entrathen könne. Die Forschungen über die Vorgänge während der Zelltheilung führten nämlich dazu, die Wichtigkeit des Zellkernes in einem viel günstigeren Lichte als früher erscheinen zu lassen. Denn bei denselben spielt er unläugbar eine Hauptrolle, und es ist deßhalb geradezu fraglich geworden, ob es überhaupt kernlose Zellen thatsächlich gebe. Straßburger, einer unserer gewichtigsten Zellenforscher, stellte in seiner Rede über den dermaligen Stand der Zellenlehre, die er 1880 vor den deutschen Naturforschern zu Danzig vorgetragen, zwei Punkte als ausgemacht hin: erstens, daß ein Zellkern nur wieder aus einem anderen Zellkern entspringe und darum dem Axiom: „omnis cellula ex cellula" das andere gleichzustellen sei: „omnis nucleus ex nucleo"; zweitens, daß die Theilung einer Zelle in mehrere lebens- und entwicklungsfähige nur dann geschehe, wenn jede Tochterzelle einen eigenen Kern als Mitgift zur Begründung des neuen Haushaltes erhalte. Dabei geht er freilich nicht so weit, wie andere Physiologen, welche dem Kern die erste Rolle nicht nur bei der Zelltheilung zuerkennen, sondern in ihm auch den „Beherrscher und Lenker aller Molekularvorgänge in der Zelle" erblicken. Er glaubt vielmehr dem Protoplasma die erste Violine nur für den Akt der Zelltheilung übertragen zu müssen. In den sonstigen Zellereignissen, meint er, „vollziehe der Zellkern jedenfalls eine bestimmte Function im Stoffwechsel. Sein allgemeines Vorkommen im Protoplasma, auch da, wo er mit der Neubildung von Zellen nichts zu thun habe, spreche dafür, daß er für das Leben des Protoplasma's unentbehrlich sei. Die Ansicht, daß es überhaupt kein Protoplasma ohne Zellkern gebe, sei somit nicht unwahrscheinlich. Doch lasse es sich immerhin noch denken, daß es auch Organismen gebe, in welchen eine Arbeitstheilung in dieser Richtung sich noch nicht vollzogen habe, und wo das Zellplasma noch befähigt sei, auch die sonst dem Zellkerne zufallenden Verrichtungen zu übernehmen" [1]. Ein Jahr vorher hatte Professor v. Hanstein ganz in demselben Sinne sich ausgesprochen [2]. Nachdem er die Betheiligung des Zellkernes an den wichtigsten Functionen der Zellen und speciell an der Zelltheilung erörtert hat, frägt er, was denn mit kernlosen Zellen zu

[1] In derselben Weise spricht er sich aus in seinem Buche „Zellbildung und Zelltheilung", 3. Aufl. 1880.

[2] Sitzungsberichte der niederrhein. Gesellsch. für Natur- und Heilkunde 1879, S. 162 u. 163.

machen sei, und gibt darauf die apodictische Antwort: „Sie hören auf zu existiren." Unter den Phanerogamen und höheren Kryptogamen gebe es überhaupt keine, welche zu irgend einer Zeit eine kernlose Zelle besitze. Die Zahl aber der noch auf dem niederen Kryptogamengebiete zugelassenen Zellen ohne Kern werde alle Tage kleiner. Und so dürften auch die bescheidensten der einzellebigen Zellchen kaum sich den Luxus eines Zellkerns für immer versagen. Professor Schmitz veröffentlichte 1879 Beobachtungen, die ihm erlaubt hatten, in vielen bis dahin angeblich kernlosen Zellen Kerne aufzufinden. Sie veranlaßten ihn zum Analogieschlusse, „daß es keine kernlosen Pflanzenzellen gebe". 1880 theilte derselbe Forscher abermals eine Reihe neuer Zellkernfunde mit, berichtete aber gleichzeitig auch, daß es ihm nicht möglich gewesen, in der Zellenklasse der Phycochromaceen einen Kern zu entdecken. Indem er nun letztere für wirklich kernlos hielt, sah er sich hierdurch veranlaßt, den obigen Analogieschluß einzuschränken[1]. Wir glauben jedoch, daß deßhalb, weil in besagten Zellen ein Kern bisher nicht erblickt werden konnte, dessen thatsächliches Fehlen noch keineswegs endgiltig bewiesen ist. Meinte man ja auch früher, es verschwinde bei der Zelltheilung der Kern auf einige Zeit, weil er sich der Wahrnehmung durch scheinbare Verflüssigung gänzlich entzog; bessere Instrumente und feinere Methoden der Beobachtung lehrten aber, daß dieses nicht der Fall war. Für die Zellen, die einen Kern erkennen lassen, wurde außerdem festgestellt, daß der Kern nie vor dem Absterben der Zelle zu Grunde gehe[2]. Im Hinblick auf die jedenfalls „denkbare" Möglichkeit kernloser Zellen wollen wir auf das Vorhandensein und die Bedeutung des Zellkernes kein besonderes Gewicht legen. Wenn wir aber so, von der uns ungünstigeren Annahme ausgehend, nur das Protoplasma als absolut nothwendiges stoffliches Postulat für das niedrigste Leben voraussetzen, so möge der Leser den wichtigen Umstand nicht aus den Augen verlieren, daß diese Annahme, die früher freilich, wenn nicht als unbestreitbar, so doch als die wahrscheinlichste gegolten, heute nicht mehr viele Chancen für sich hat. Aus diesem Grunde schien es uns auch angezeigt, diesem winzigen Zellkern eine etwas eingehendere Aufmerksamkeit zu widmen.

---

[1] Sitzungsberichte der niederrhein. Gesellsch. für Natur- und Heilkunde 1880, S. 198.

[2] Ebendaselbst 1880, S. 189. Alle diese Beobachtungen konnte später Straßburger bestätigen und erweitern. Vgl. s. neuestes Werk: Über den Bau und das Wachsthum der Zellhäute. Jena 1882, S. 241—245.

Das Wesentliche des allerunterſten Zellenorganismus ſchrumpft alſo in ein Klümpchen lebendiger Protoplasmamaſſe zuſammen. Ohne Widerrede, ein Lebensapparat von der einfachſten Einrichtung! Wir werden indeſſen bald ſehen, wie dieſe Einfachheit nur ſcheinbar iſt und unter dem homogenen Äußeren eine gar verwickelte Mannigfaltigkeit verbirgt. Die tendenziöſen Phraſen, daß ſchließlich das Leben nur in einem Klümpchen Eiweiß ſitze, daß das Protoplasma, eine einzige Subſtanz, durch ihre chemiſchen Umſetzungen und molekularen Schwingungen den adäquaten Grund des vegetativen Lebens bilde u. a. m., ſind durch die Studien am Protoplasma gründlich zu Schanden gemacht worden. Wir werden uns überzeugen, wie dieſer einförmige Protoplasmaleib uns genug Anhaltspunkte zu bieten vermag für den Nachweis, daß ſchon das allererſte Stadium eines lebendigen Organismus bei objectiver, ruhiger Erwägung im Allgemeinen wie im Einzelnen Punkt um Punkt das gerade Gegentheil in Anlage, Tendenz und Thätigkeit von dem darſtellt, was wir als weſentlich für den anorganiſchen Stoff erkannt haben.

II. Das Streben der Zelle nach allſeitiger Bewegung.

1) Die verſchiedenen Arten der Bewegung in Parenchymzellen.

Protoplasmabewegung. — In dem Protoplasmaleib iſt nichts ſtarr und feſt, nichts ſolid und compact. Alles zielt auf größte Beweglichkeit und auf wirkliche, allſeitige und beſtändige Bewegung ab. Nicht auf eine Bewegung, welche der Zelle von Außen her mitgetheilt wird, ſondern auf eine innere, ſelbſteigene, welche ihren Grund allein in der Zelle hat, in ihr ſich abwickelt und vollendet. Die Wichtigkeit dieſer fundamentalen Thatſache zwingt uns, ſie eingehender zu ſtudiren. — Schauen wir einmal durch das Mikroſkop in eine etwas höher gebildete Pflanzenzelle, etwa in eine der grünen Parenchymzellen hinein, die in faſt allen Theilen beinahe aller Pflanzen anzutreffen ſind und eine der gewöhnlichſten und hauptſächlichſten Formen der Zellen darſtellen. Weil in ihnen die wichtigſten Theile der Zelle in ebenmäßiger und beſonders ausdrucksvoller Geſtaltung ſich vorfinden und die mancherlei Arten der Zellbewegung getrennt und ſchärfer markirt verlaufen, wählen wir ſie zum Ausgangspunkt unſerer Betrachtung.

Dem ovalrunden Zellwandſäcklein, das glashell, lückenlos und überall gleich dick den Zellraum von ſeiner äußeren Umgebung abtrennt,

schmiegt sich zunächst eine überaus feine, zarte, noch hellere Protoplasmaschichte — nach Außen körnerlos, innen durch die eingestreuten Mikrosomen trübe — ununterbrochen und auf das Innigste an. Aus letzterer springen in verschiedenster Richtung und Verzweigung einzelne Plasmaäste in den Innenraum hinein, um zu einem Plasmaballen zusammenzustoßen, welcher den Zellkern trägt. Dieser, das massivste Glied des Innenbaues, erscheint also in einem Plasmatäschchen an Plasmabändern aufgehängt und getragen. Die Zwischenräume dieses Systemes aus Plasmawand und Plasmabalken sind mit Wasser erfüllt, in welchem allerlei Stoffe, theils in Lösung, theils in Form fester oder schleimiger Körper enthalten sind. Es ist dieses der Zellsaft. Damit hätten wir die Hauptsache gesehen; andere Details, die zur reicheren Ausgestaltung dieser Art von Zellen beitragen, als da sind die Stärkekörner, die das Pflanzengrün tragenden Chlorophyllkörper, Öltröpfchen u. a. m. sind für uns jetzt ohne Belang. Worauf wir jetzt allein achten wollen, ist die vielverschlungene Bewegung. — Ohne Unterlaß rutschen da die Körnchen in der der Zellwand anliegenden Protoplasmaschichte, sowie in den durch das Innere ausgespannten Protoplasmasträngen auf ganz bestimmten Bahnen, aber nach den verschiedensten Richtungen voran, ja häufig in einem und demselben dünnen Plasmafaden in entgegengesetztem Sinne. Diese Körnchenbewegung verräth uns aber das an und für sich unsichtbare Strömen des Enchylema's oder des flüssigen Protoplasma's im festen (S. 21). Aus den einzelnen Plasmabändern mündet das Enchylema, wie aus engen Kanälen kommend, in den weiten Raum des Wandplasma's ein, „gleich dem Gießbache, der, aus schmalem Bette hervorbrechend, sich auf ebenem Boden ausbreitet. Langsamer fließend, zertheilt sich die strömende Menge in verschiedene Läufe oder vertheilt sich über eine breite Fläche des Primordialschlauches (Wandplasma's). Auch hier fließen dann die Bächlein in entgegengesetztem Lauf gegen einander. Bei solchen Begegnungen entstehen wohl auch Stauungen und selbst kleine Wirbel. Immerhin aber werden selbst die neben- und widereinanderlaufenden Flüßchen in ihren Betten ziemlich fest gehalten und laufen lange Strecken, ein jedes für sich und durch die Nachbarströmung unbeirrt, fort. Die Mikrosomen bewegen sich je nach ihrer Masse und Größe bald langsamer, bald schneller, und man gewinnt daraus um so sicherer und überzeugender die Vorstellung, daß sie von einer in Bewegung begriffenen Flüssigkeit getrieben werden. Je größer so ein winziges, im Strome schwimmendes Fahrzeug ist, desto leichter strandet es oder scheint es in einer Ecke stecken

zu bleiben, die dem Auge zunächst als solche unsichtbar ist. Allein man sieht eben die forttreibenden Klümpchen, Körner und Körnchen stocken, sich aufstauen und ansammeln, plötzlich wieder vorwärts eilen, genau wie es den Steinen und sonstigen Geröllkörpern ergeht, die ein Gebirgswasser in eingeengtem Bett mit sich fortwälzt. Offenbar sind die weithin eingehaltenen Bahnen, in denen die kleinen Körnchen verweilen, mittels bestimmter Schranken für ihren Lauf vorgezeichnet, welche sie nicht durchbrechen können“ [1]. Mit dieser Bewegung, die das Enchylem innerhalb des festen Protoplasmagerüstes ausführt, verbindet sich nun noch eine überaus wechselvolle Verschiebung und Bewegung des ganzen Plasmasystemes selbst. „Ganze Massen des Wandprotoplasma's ziehen sich in das eine oder das andere Band hinein, verbreiteren, verstärken es, während andere Bänder in ersteres sich versenken. Quer durch den ganzen Zellraum vermögen sich die Bänder fortzuschieben, voran, seitwärts, rückwärts, um schließlich sich mit ihrem ganzen Gehalt an fester und strömender Substanz in die Masse des Wandplasma's, da wo sie dasselbe treffen, einzubetten und darin sofort zu verschwinden. Andere entstehen dann daraus anderen Ortes, indem sie als Faltung aus der Fläche des Wandprotoplasma's auftauchen, sich weiter daraus emporheben, bis die Falte sich in der Mitte löst und zum frei hinübergespannten Bande wird. Auch können die Bänder wohl in Gestalt schmaler Vorstöße aus der Protoplasmafläche emporgetrieben und gleichsam mit dem freien Zipfel voran durch den freien Raum gesendet werden, bis sie die Gegenseite gewinnen und mit ihr verschmelzen. Selbst sehr feine Fäden können so herausgestreckt und beliebig durch den disponiblen Raum verlängert werden, bis sie in freier Endigung aufhören oder mit Nachbaren oder Gegenläufern zusammentreffen und sich ebenfalls vereinigen.“

„Selbstverständlich kann in der allgemeinen Unruhe auch der Zellkern um so weniger auf seinem Platze bleiben, je freier er zwischen den Bändern und Fäden aufgehängt ist. Vielmehr folgt auch er ruhelos deren Verschiebungen. Ja gerade dieser ausgezeichnete Einzelkörper, der in seiner besonderen Individualisirung inmitten der nach Form und Substanz veränderlichen Bänder des Protoplasma's, wo er auch sei, leicht wieder erkannt wird, verräth um so sicherer die ganze Bewegsamkeit des Zellenleibes. Nicht nur, daß so ein Kern nach längeren Zeiträumen seinen

[1] So J. v. Hanstein in seiner Schrift: Das Protoplasma. Heidelberg 1880, S. 28 ff.

Platz wechselt und bald an der Wand, bald irgendwo im inneren Raum angetroffen wird, man kann auch seine Bewegung sogar unter den Augen sich vollziehen sehen. Bald an den Wänden herum, bald quer durch den von Bändern durchspannten Raum legt er oft schon binnen einer oder weniger Stunden einen viel verschlungenen Weg zurück. Wenn man solchen verfolgt, so liefert er den Beweis, wie dieser seltsame Körper sein Gebiet, die Einzelzelle, zu gewissen Zeiten fortwährend in allen Richtungen durchsegelt — fast als ob er es überall zu inspiciren hätte. Dabei ändert er auch seine Gestalt, wenn auch in beschränkterem Grade. Längs der Wand hinkriechend, streckt er sich in die Länge und flacht sich an der Seite, die jener anliegt, zu platter Sohle ab. Von den Bändern frei durch den Raum bugsirt, nimmt er leicht Eiform an, mit dem schmalen Ende nach vorn gekehrt. In ruhigerer Lage im Zellenraum, besonders in der Mitte, ist seine Gestalt gern linsenförmig oder kugelähnlich." [1]

Bei all diesem Rutschen und Schieben, Strecken und Kürzen, Schwellen und Schrumpfen, Klemmen und Zwängen in einzelnen Plasmapartien ist es kaum anders denkbar, als daß auch das gesammte Wandplasma *einheitlich als Ganzes* daran theilzunehmen gezwungen werde und sich hin- und herrecke, oder, wie es v. Hanstein für wahrscheinlich hält, ganz und gar im Inneren seines Gehäuses sich herumschiebe und um die Achse sich drehe. — Wenn eine solche einheitliche Gesammtbewegung des Protoplasten in den Parenchymzellen immerhin noch fraglich bleibt, so gilt es für andere Arten von Pflanzenzellen schon seit Langem als ausgemachte Thatsache, daß sie vermittelst der inneren Plasmazuckungen nicht bloß sich als Ganzes drehen und wenden können, sondern sogar frei durch den Raum wandern, *äußerlich* ganz ähnlich, wie es auch Thiere thun. Es genügt, auf die überraschenden Bewegungen der Schwärmsporen von Algen und auf das seltsame Herumkriechen der Plasmodienzellen von Schleimpilzen zu verweisen.

Zellsaftbewegung. — Diese Plasmabewegungen erschöpfen aber lange nicht die Bewegung und Beweglichkeit der Zelle. Sie repräsentiren nur eine Klasse derselben, die gröbste und die unmittelbar in die Augen fallende. Der in den Lücken oder „Vacuolen" des Protoplasma's eingekapselte *Zellsaft* verräth zwar, obwohl dem Stoffe nach viel flüssiger und beweglicher als jenes, dennoch keine Eigenbewegung. In Wirklichkeit ist indessen auch er nie in Ruhe. Abgesehen davon, daß die beschriebenen

[1] v. Hanstein, a. a. O. S. 40 u. 41.

Bewegungen des Protoplasma's natürlich auch ihn in der Zelle herumzerren, strömt er für sich allein in der Protoplasmamasse frei ein und aus, ergießt sich durch die Zellwand nach Außen und zieht von Außen wieder neue Zufuhr an sich. Dabei fungirt er als Träger und Vehikel der vielerlei Nähr-, Umsatz- und Auswurfsstoffe, welche in Folge der wechselnden Concentrationsdifferenzen innerhalb der Zellsaftansammlungen beständig, jedoch für das Auge unsichtbar hin- und hergeschoben werden. Haben nun auch diese Vorgänge, die auf Osmose und Diffusion zurückgeführt werden können, nur physikalische Impulse zur Ursache, so werden auch sie in letzter Instanz durch die Thätigkeit des Protoplasma's bedingt und bestimmt, von ihm eingeleitet, specificirt und geleitet. Denn sie haben ihren tieferen Grund in den chemischen, physikalischen und mechanischen Veränderungen, welche im Protoplasma vor sich gehen. — Dieses führt uns zur dritten Klasse von Zellbewegungen, die, gleichwie sie die am tiefsten greifenden, wechselvollsten und complicirtesten sind, so auch am meisten der directen Wahrnehmung sich entziehen und deßhalb annoch zu den dunkelsten gehören.

Chemische Bewegungen. — Es hält der Zellenbewohner, den wir mit Hanstein füglich „Protoplast" tituliren können, seine eigene Leibessubstanz in einem ununterbrochenen Kreislauf stofflicher Umwälzungen. Die Stoffe, welche in diesem Momente noch seinen Leib an einem bestimmten Punkte zusammensetzen, sind in dem folgenden spurlos auseinander gesprengt und werden in dem dritten bereits wieder durch neue ersetzt. Diese beständige Umbruchsarbeit wird so perfect ausgeführt, daß auch das mit den schärfsten Hilfsapparaten bewaffnete Auge des Forschers erst nach langer Zeit bemerkt, es habe irgend eine Veränderung stattgefunden. Und was jetzt an diesem und jenem Punkte geschieht, vollzieht sich gleich darauf an ebenso vielen anderen Stellen, aber nicht überall in gleicher Weise, sondern vielmehr hier so und dort anders, je nachdem es gerade die jedesmalige Zellenthätigkeit verlangt. Nur eine Zeitlang verharren die Atome, aus denen der Zellenleib sich aufgebaut, im Dienste des Lebens. Früher oder später verlassen sie ihn fast alle, um wieder frei und ungebunden ihren eigenen andersgearteten Tendenzen und Principien des Stoffaufbaues zu folgen. Für alles Lebendige ist es deßhalb Bedürfniß, stets neues Stoffmaterial als „Nahrung" sich anzueignen zur Deckung des immerwährenden, durch das Leben selbst verursachten Ausfalles. In der Pflanze wie in dem Thiere wogt der chemische Stoffumsatz unaufhörlich zwischen Aufbau und Abbruch, zwischen

Assimilation und Desassimilation, zwischen progressiver und regressiver Stoffmetamorphose hin und her, wenn auch in ersterer das conservative Element der Assimiliation und des Aufbaues gegen das destructive im Allgemeinen bedeutend vorwaltet, während im letzteren, wenn es einmal ausgewachsen und gesund ist, beides im Gleichgewicht sich erhält. Es ist diese dritte Art der Zellenbewegung eine so energische und umfassende, daß Professor Reinke nicht ansteht, zu behaupten, das lebendige Protoplasma sei so weit entfernt, in chemischer Hinsicht einen Gleichgewichts- und Ruhezustand zu repräsentiren, daß es vielmehr „einem Strome und Wirbel durcheinander stürmender Atombewegungen gleich zu achten sei". Für unsere späteren Erörterungen ist es indessen nothwendig, mehr auf die Einzelheiten dieser beiden Atomströmungen einzugehen. Wir wollen sie deßhalb ihren Hauptzügen nach schärfer in's Auge fassen. In den Pflanzen, in denen ja nur die vegetative Seite des Lebens zum Ausdrucke kommt, sind die Prozesse der Assimilation und Desassimilation auch am reinsten ausgeprägt. Studiren wir zunächst die Bewegungen der Assimilation.

Nur wenigen dem Mineralreiche entnommenen Stoffen, nämlich der Kohlensäure, einer Verbindung aus einem Atom Kohlenstoff mit zwei Atomen Sauerstoff, dem Wasser, in welchem zwei Wasserstoffatome und ein Sauerstoffatom sich verkettet, sowie etlichen Salzen, welche Kalium, Calcium, Magnesium in Verbindung mit Schwefelsäure, Salpetersäure, Phosphorsäure und Chlor darbieten, entquillt der ganze Fluß chemischer Umsetzungen, der mit dem Abstand von seinem Ursprung in wachsender Progression immer größere Dimensionen annimmt, und trotz des scheinbar ganz ruhigen Laufes stets wildere und complicirtere Atomwirbel in seinem Schooße gebiert. Den einfach zusammengesetzten Rohstoffen entwachsen innerhalb des Zellenlaboratoriums in raschem Tempo immer verwickeltere Atomgefüge, die dennoch fast ausnahmslos aus denselben wenigen Componenten Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff bestehen; immer bunter und wechselvoller wird die gegenseitige chemische Einwirkung mit der zunehmenden qualitativen Verschiedenheit der Substanzen, bis am Ende die Verwandlungen in jenen Producten gipfeln, aus denen der Protoplast seinen eigenen Leib fabrizirt, oder sein Gehäuse ausbaut, oder seine Speisevorräthe anlegt. Zu den Substanzen ersterer Bestimmung zählen die Eiweißsubstanzen mit dem „Plastin" an der Spitze; zu den zweiten vorzugsweise die Zellfasersubstanz oder Cellulose, und zu den dritten das Stärkemehl und Glykogen. Während die Stoffe der letzten beiden Abtheilungen ihrer Bestimmung entsprechend einfacher

gebaut und fester gezimmert sind, zeichnen sich die ächten Eiweißsubstanzen, die edelsten und höchsten chemischen Zellgebilde, ebenso durch weiten Atomumfang und complicirte Atomverknüpfung, wie durch eine große chemische Wandelbarkeit und Unbeständigkeit vor allen anderen Stoffen aus. Nach Lieberkühn und Loew würde je ein Molekel derselben über 220 Atome enthalten.

Man nennt den Stoffwechsel während der Assimilation einen synthetischen, weil er aus einfachen Substanzen mehr und mehr zusammengesetzte herausbildet, ohne indeß damit behaupten zu wollen, daß dieses ausschließlich der Fall sei. Es combiniren sich vielmehr mit den vorwaltenden synthetischen Bildungsprozessen auch analytische, die gerade in umgekehrtem Sinne verlaufen. Eine Reductionsarbeit nennt man die Assimilation, weil ihr Schwerpunkt darein zu verlegen ist, daß sie gewisse Grundstoffe, nämlich Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff, Schwefel und Phosphor, aus ihren hoch oxydirten, einfach und fest gefügten Verbindungen herauslöst oder, wie der Chemiker sagt, „reduzirt". Und wenn wir nun erwägen, daß Schwefel aus der Schwefelsäure, Stickstoff aus der Salpetersäure, Wasserstoff aus Wasser, Kohlenstoff aus der Kohlensäure reduzirt werden, so müssen wir im Protoplasma chemische Factoren von ganz erstaunlichem Reduktionsvermögen anerkennen; denn gerade diese Reduktionen zählen zu den schwersten und härtesten chemischen Arbeiten.

Bekanntlich werden nicht alle Stoffe, deren die Pflanze zu einer ersprießlichen Assimilation unumgänglich bedarf, auch wirklich assimilirt, das heißt zu Verbindungen hinaufgearbeitet, welche der Protoplast zu einer der drei oben erwähnten Bestimmungen verwendet. Viele derselben, wie Kalium, Calcium, Magnesium, Chlor, werden nur zu Handlangerdiensten herbeigezogen, damit sie mit ihren chemischen Kräften den Protoplasten, während er die sogenannten Organogene (Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff) assimilirt, unterstützen.

Ein gar wunderbares Spiel entrollt sich in dieser Stoffbildungskette. Mikroskopisch klein sind die chemischen Werkstätten, unbedeutend die Stoffauswahl, über die sie verfügen, minimal die absoluten Mengen, mit denen gearbeitet wird, nichtssagend die äußeren Hilfsmittel, die zu Gebote stehen; überaus großartig dagegen erscheinen die Erfolge in den Augen eines jeden Chemikers, wenn er sie mit den Resultaten seines Laboratoriums in Parallele stellt, das er heute doch mit tausenden von wirkungsvollen, ingeniösen Apparaten auszurüsten weiß, um mit ihrer

Hilfe alle Kräfte der Natur, die Wärme, das Licht, die Elektricität, die Schwere ꝛc. für alle Fälle sich dienstbar zu machen. Die einfachste Pflanzenzelle offenbart ihm da eine Darstellungskunst, welche auch die Gelehrtesten und Geschicktesten seines Faches ihr nicht abzulernen vermocht, ja welcher er dieselben rathlos und ohne Verständniß gegenüberstehen sieht, eine Kunst, die eine so genaue Stoffkenntniß voraussetzt, wie sie nie ein Chemiker besitzen wird, und eine so sichere und geschickte Handhabung der Stoffelemente, zu der es nie ein Sterblicher bringen wird. — Wohl weiß der Chemiker heute gar manche Substanz zu erzeugen, welche man früher nur als Product der Pflanzenzelle kannte. Er versteht das Stärkemehl in den Zucker zu verwandeln, welcher der Weintraube ihre Süßigkeit verleiht, und bildet diesen in die Fruchtsäuren um, welche, im Verein mit jenem, der Beere ihren erfrischenden Geschmack geben; ja, er kann selbst den köstlichen Duft der Äpfel und Birnen, der Quitten und Ananas und das würzige Arom des Waldmeisters und der Vanille darstellen; er hat es erreicht, ebenso das kräftige Pflanzengift der Belladonna, wie die heilsame Salicylsäure der Weide nachzubilden, und er steht eben im Begriffe, dem Chinabaume die Arbeit der Fabrikation eines unserer kostbarsten Medicamente, des Chinins, abzunehmen. Aus der schwarzen, schmutzigen Steinkohle hat er hunderte der prächtigsten Farbstoffe zu gewinnen gelernt; kaum ein Jahr ist es her, daß seine Wissenschaft mit der künstlichen Darstellung des Indigo einen großen Sieg errungen hat. — Aber alle diese Resultate, so bewunderungswerth sie gewiß sind, erweisen sich doch nur als einzelne, losgelöste Bruchstücke von untergeordneter Bedeutung aus jener langen vielverschlungenen Stoffbildungskette in der Pflanzenzelle, in welcher die einzelnen Glieder nur einen weise angeordneten großen Umwandlungsprozeß ausmachen, der von Anfang bis zu Ende nur einem Ziele zustrebend, ohne langes Probiren mit der größten Sicherheit und Einfachheit sich abwickelnd, überall sofort das Richtige trifft, kein überflüssiges Glied sich einreiht und auch keines der vielen chemischen Nebenproducte ohne Bedeutung für das Ganze entstehen läßt, einen großen chemischen Prozeß, der von Anfang bis zu Ende constant in derselben Weise von Neuem sich wiederholt. Sodann ist der Umstand wohl zu beachten, daß der Chemiker zu seinen Nachbildungen pflanzlicher Stoffe meist ein Rohmaterial zum Ausgangspunkte verwendet, das die Zellen selbst geliefert und vorbereitet haben. Endlich sind in diesen Nachbildungen nur der Ausgangspunkt und der Endpunkt übereinstimmend mit zwei Punkten im pflanzlichen Stoffwechsel, keineswegs aber

der zwischen beiden Punkten liegende Bildungsgang, nicht die gewählte Darstellungsmethode, nicht die ausgeübten Manipulationen. Trotz der gewaltigen Fortschritte endlich, welche die Chemie nach dieser Richtung hin in den letzten Decennien gemacht hat, ist doch keine Aussicht vorhanden, gerade die wichtigsten Stoffe, welche die Pflanzenzelle bildet, das Eiweiß des Protoplasma's und die Zellhautsubstanz, irgendwie künstlich zu erhalten; fehlt ihr ja noch bislang die genaue Einsicht in die Atomstructur beider. Von letzterer kennen wir nur das relative Atomverhältniß in dem Molekel, von ersterer aber noch nicht einmal dieses.

Der Assimilationsprozeß der Pflanzenzelle ist nicht bloß wegen seiner hohen chemischen Productionskraft merkwürdig, sondern auch wegen der Richtung, die er einschlägt. Denn dieselbe ist derjenigen, welche die sich selbst überlassenen Atome zu nehmen pflegen, stracks entgegengesetzt. Wir haben oben (S. 6 ff.) hervorgehoben, daß diese aus lockerern Verbindungen in festere überzugehen suchen; hier finden wir das Widerspiel. Mit jedem Schritt nach vorwärts lockert sich das Atomgefüge in demselben Grade, als es complicirt wird, um schließlich in den atomreichsten Eiweißcombinationen mit der größten inneren Atomverschiebbarkeit die größte chemische Spannkraft oder Reactionsfähigkeit zu erreichen, durch welche diese Stoffe von innen heraus disponirt werden, bei der ersten besten Gelegenheit sich und andere Stoffe in den lebhaftesten Strudel chemischer Atombewegung hineinzustürzen. Damit hängt aber unmittelbar ein Zweites zusammen. Während im unbelebten Stoffreiche die Substanzbildung nach jener Seite hin sich richtet, die es ermöglicht, Wärme auszugeben (S. 7 und 11), wird in der Assimilation mit dem Stoffumsatz eine immer wachsende Einnahme von Wärme erzielt. Denn die entstehenden Producte sind um so reicher an disponiblem Wärmevorrath, je weiter sie aus dem ursprünglich aufgenommenen Material umgebildet sind. Dort wird darnach getrachtet, durch Stoffwandlung die innere Energie oder Bewegungskraft unter Wärmeabgabe möglichst aus dem Stoffe abfließen zu lassen; hier wird beim Stoffumsatz mit der Wärme mehr und mehr Energie aufgespeichert, oder technisch ausgedrückt: dort ist der Prozeß „exothermisch", hier „endothermisch", dort sinkt der Stoff auf der Energieskale nach unten, hier steigt er nach oben. — Dieses hat aber auch seinen tieferen Grund. Denn alles Lebendige hat nicht bloß einen materiellen Körper vonnöthen, sondern auch materielle Kraft, um ihn und seine Theile zu bewegen. Ebenso nun, wie die Zelle zur Bildung der ersteren auf die leblose Materie als allgemeine Vorraths-

quelle angewiesen ist, so muß sie letztere aus der unbelebten Umgebung borgen, und so geht Hand in Hand mit der Stoffassimilation die nicht minder bedeutsame und verwickelte Kraftassimilation vor sich. Es ist dieses nicht bloß eine theoretische Folgerung aus dem allgemeinen Princip der Erhaltung von Materie und Kraft, sondern es ergibt sich unmittelbar aus experimentalen Thatsachen. Ja, die Thermochemie gestattet sogar, die bei der Assimilation aufgespeicherte Wärme und die durch sie repräsentirte Energie genau zu messen. Die eigentliche unerschöpfliche Quelle aber, aus welcher die Zelle ihre Wärme und Energie schöpft, ist keine geringere, als das Meer der reinen ätherischen Sonnenstrahlen, und die Schöpfeimerchen sind die grünen, eisenführenden Chlorophyllkörperchen im Protoplasma, welche hier gerade umgekehrt functioniren, wie die ihnen vielfach verwandten rothen Blutkörperchen im Blute der Thiere. Aus Sonnenlicht und Erdenstaub webt sich die Pflanzenwelt ihr leibliches Dasein, und alle ihre Glieder schweben, so oft sie sich bewegen, auf den Schwingen der Sonnenstrahlen. Auch dieses ist nicht eine poetische Fiction, sondern eine wirkliche Thatsache, durch Chemie und Physiologie wohl verbürgt.

So die Atomströmung während der Assimilation oder der Einverleibung von Stoff und Kraft[1]. Noch viel bewunderungswürdiger erschiene sie, wenn wir das weitere Detail der weisen Verkettung von Ursache und Wirkung, welche in ihr sich zeigt, auseinanderlegen könnten.

Es kommt nun als Kehrseite die Desassimilation oder regressive Stoffmetamorphose. Wenn wir die beiden entgegengesetzten chemischen Strömungen gesondert behandeln, so lasse man sich dadurch nicht zu der irrigen Meinung verleiten, als ob beide Processe getrennt verlaufen und mit einander als Ganzes abwechseln, daß zuerst ausschließlich assimilirt und dann desassimilirt werde. Nein, beide Vorgänge gehen Hand in

[1] Assimilation besagt im vollsten Sinne des Wortes mehr als das, was im Obigen erklärt worden. Sie ist nicht bloß die Emporführung des unbelebten Stoffes in die chemischen Verbindungen, welche den Zelleib bilden, sondern auch die plastische Ausgestaltung dieses chemisch umgebildeten Stoffes zum organisirten Bau des Zellkörpers. Letztere Seite der Assimilation werden wir jedoch besser erst weiter unten zur Sprache bringen. — Die Pflanzenphysiologen pflegen heute nach dem Vorgange von Sachs die Assimilation auf die Umbildung der Kohlensäure und des Wassers in höhere Kohlenstoffverbindungen oder überhaupt auf die Erzeugung sogenannter organischer Substanzen aus anorganischem Material zu beschränken, also auf einen rein chemischen Proceß und auf die Vorstufe der wahren Assimilation, d. h. der Verwandlung der Nährstoffe in die organisirte belebte Substanz des Organismus.

Hand neben einander her und greifen mit ihren einzelnen Gliedern in den verschiedensten Weisen harmonisch in einander ein, sich zu einem einheitlichen Ganzen verschmelzend. Mit dem Wechsel der Tageszeiten und der äußeren Verhältnisse gewinnt wohl der eine Proceß die Oberhand über den anderen und drückt dadurch jedesmal dem Gesammtbild der Metamorphose seinen eigenen Stempel auf. Es wäre auch ein Irrthum, den Strom des assimilirenden und desassimilirenden Stoffwandels nur in einer einzigen ununterbrochenen Bahn fließend sich vorzustellen; er bildet zahlreiche kürzere und längere Haupt- und Nebenreihen mit üppigen Verzweigungen. — Wenn der Protoplast, wie wir das eben gesehen, sich abgemüht hat, die schwerfälligen, abwärts strebenden Atome unter Mithilfe der Sonne auf die Höhe des Lebens hinaufzuheben und gleichsam mit himmlischem Lichte zu verklären, so hält er sie als wahre Leibeigene nur so lange in festem Besitz und stabilem Dienste, bis ihre Loslassung für den Haushalt ersprießlicher, ja für die weitere Lebensentfaltung geradezu nothwendig wird. Dieser Fall tritt aber ein, so oft er die in ihnen niedergelegte Bewegungs-Energie zu eigener Bewegung verwerthen soll. Denn keine Eigenbewegung kommt im Protoplasma zu Stande, ohne daß gleichzeitig ein proportionales Leibesstück dafür geopfert und die ihm anhaftende Energie durch eine chemische Veränderung freigemacht würde, welche derjenigen gerade entgegengesetzt ist, durch die es die Energie erlangt hat. Doch nicht mit einem Ruck gibt der Protoplast die Atome frei. Nicht plötzlich und stürmisch, wie etwa beim entzündeten Pulver im Flintenrohre, wird die chemische Verwandlung vollführt und die bedeutende latente Energie in actuelle Bewegung umgesetzt, sondern langsam, bedächtig, mit Vermeidung aller Aufregung. Die freigegebenen Stoffe immer noch in der Hand haltend, führt sie der Protoplast nach wohlberechnetem Plane von Stufe zu Stufe in einfachere, energie-ärmere Verbindungen hinab, bis sie wieder bei jenen Zuständen anlangen, bei denen ihre Assimilation den Anfang genommen. Der hierbei vollzogene chemische Proceß der Rückverwandlung ist als Ganzes genommen wieder sui generis und weit verschieden von den Reactionen des chemischen Laboratoriums; er contrastirt aber nicht mehr so mit ihnen wie der Assimilationsproceß, sondern stimmt im Gegentheil mit der Actionsrichtung im unbelebten Stoffe überein. Dieß ist auch begreiflich; denn hier kehrt eben die Materie, aus dem Lebensbanne befreit und ihren eigenen Trieben folgend, freilich noch innerhalb des Lebendigen, zum Leblosen zurück.

Die Überzeugung, daß jede Pflanzenzelle ebenso wie das Thier nicht

bloß beständig assimilirt, sondern auch desassimilirt, und zwar beides in ganz analoger, wenn auch nicht gleicher Weise, ist erst neuesten Datums. Sie stützt sich auf zuverlässige Forschungen und kann heute nicht mehr angefochten werden, wenn auch über das „Wie" noch gar Manches sich in Dunkel hüllt. Gleich dem Thiere athmet jede Pflanze und jede Pflanzenzelle, und dieß beständig. Athmung ist aber der Stoffwechsel, in welchem Sauerstoff aus der Luft consumirt wird, um damit Kohlensäure und Wasser aus den Bestandtheilen des Organismus zu produciren. Ja, es ist nachgewiesen worden, daß in der lebendigen Pflanzenzelle die Kohlensäure- und Wasserabspaltung auch dann noch fortdauert, wenn dem freien Sauerstoff der Luft kein Zutritt mehr zu derselben gestattet wird. Diese letztere Athmung hat man zum Unterschiede von der ersteren „intra-molekulare Athmung" genannt, weil die ihr zu Grunde liegende chemische Thätigkeit ausschließlich zwischen den Molekeln der Zelle vor sich geht und die Ausathmungsluft allen ihren Bestandtheilen nach der Molekelzertrümmerung entstammt. Hieraus entnehmen wir, daß auch in der Pflanzenzelle die Desassimilation auf Oxydation oder Verbrennung der organogenen Elemente zurückgeführt werden muß. Kohlensäure und Wasser sind dabei ebenso wenig wie bei der Athmung der Thiere die alleinigen Producte dieser Doppel-Athmung, wenn auch die übrigen bis jetzt noch nicht experimentell ermittelt worden sind. Es ist auch die ganze Kette der chemischen Processe, durch welche die Verbrennung zu Wasser und Kohlensäure hindurchgeht, noch lange nicht klargestellt. — Die Oxydation oder Verbrennung während der Desassimilation erweist sich nicht bloß als die Umkehr der Reductionsarbeit während der Assimilation, sondern auch als eine ergiebige Quelle von Arbeit und Bewegung. Denn nach den Principien der Thermochemie muß die dabei freiwerdende Energie genau gleich sein der chemischen Arbeit, welche der Protoplast während der Reduction unter Verwendung der Sonnenwärme ausgeführt hat.

Daß diese freiwerdende Energie aber vom Protoplasten in der That zum Zwecke seiner Selbstbewegung erzeugt und verbraucht werde, geht aus den Untersuchungen Kühne's hervor, die beweisen, daß, gleichwie in den Thieren jede Bewegungsarbeit der Muskeln eine ihr proportionale Verbrennung organischer Substanz und eine ihr äquivalente Krafterzeugung zur Voraussetzung hat, so auch in der Pflanzenzelle bei jeder Protoplasmacontraction ein Theil der Plasmasubstanz verbrannt und verathmet wird. Diese Verbrennung zur Ermöglichung von Bewegung

scheint stets durch die gewöhnliche Athmung vermittelst freien Sauerstoffs bewirkt zu werden, da, wie Pfeffer angibt, mit Entziehung des Sauerstoffs in jeder einzelnen Pflanzenzelle die Protoplasmaströmungen, die Reizbarkeit und das Wachsen zum Stillstand kommen. — Es versteht sich wohl ganz von selbst, daß wir hier nicht an eine Verbrennung wie in unserem Stubenofen oder an die Heizung des Feuerraumes unter dem Dampfkessel der Locomotive zu denken haben. Gewiß ist auch in diesen beiden Fällen der allgemeine causale Nexus zwischen Stoffverbrauch und Erzeugung von Wärme und Bewegung genau derselbe; die specielle Ausführung aber ist eine ganz andere, wie dieses weiter unten klarer gezeigt werden soll.

Nach diesen Darlegungen wird die absolute Wichtigkeit der regressiven Stoffmetamorphose für das Leben der Pflanzenzelle, sowie ihre innige Correlation zur progressiven Stoffmetamorphose oder Assimilation einleuchten. Steht diese in chemischer Hinsicht oder als Stoffwechsel viel höher als jene, so hat erstere vom mechanischen Standpunkte aus oder als Kraftwechsel einen viel höheren Werth als die letztere. Durch die Assimilation wird nur deßhalb der Stoff immer mehr und mehr geändert, um dadurch die chemische Spannung zu gewinnen, die während der regressiven Stoffmetamorphose in Form der verschiedensten Zellenbewegung wieder ausgelöst werden soll; die Assimilation bereitet die Bewegung vor, die Desassimilation führt sie aus. Vergleichen wir den Zellenmechanismus mit einer Taschenuhr, so wird die Assimilation durch das Aufgezogenwerden der Letzteren repräsentirt, die Desassimilation durch das Ablaufen. Die organischen Substanzen vertreten die Stelle der Uhrfeder, welche beim Aufziehen ihre Configuration bekanntlich ja auch derart verändert, daß durch ihre Spannung ein Zuwachs an potentieller Energie für das gesammte Bewegungssystem der Uhr gewonnen wird, der dann beim Ablaufen ganz allmählich in wirkliche Bewegung sich umsetzt. Es sei dieses nur ein Vergleich, der bei der thatsächlich obwaltenden großen Analogie sehr geeignet sein dürfte, das mechanische Verhältniß zwischen Assimilation und Desassimilation in helleres Licht zu stellen, wenn auch nicht zu erklären. Denn in der Uhr haben wir eben nichts als Mechanismus, in der Zelle dagegen einen vitalen Mechanismus, d. i. Leben mit Mechanismus. Welch himmelweiter Unterschied hierdurch zwischen beide hineingetragen wird, das sollen spätere Erwägungen uns lehren. Doch darauf mag schon hier hingewiesen werden, daß auch die allerniedrigste Zelle als Mechanismus alle unsere künstlichen Maschinen-

wunder weit hinter sich läßt. Bei unsichtbarer Kleinheit, bei größter Einfachheit der Einrichtung und bei geringstem Aufwand von Mitteln wird in ihr eine unabsehbare Vielseitigkeit der Leistungen ermöglicht. Nur im Vorbeigehen bemerken wir dann noch, daß die Pflanzenzellen mit ihrer durch Verbrennung erzielten Energie viel ökonomischer umgehen, als unsere besten Dampfmaschinen, ja ökonomischer, als selbst der Thierorganismus, da in ihnen relativ viel weniger Energie unnütz nach Außen verloren geht. In ihnen werden nämlich die Verbrennungsprocesse so geleitet, daß fast keine Erwärmung über die Temperatur der Umgebung hinaus stattfindet und daß die der Athmung entstammende lebendige Kraft fast ganz den Arbeitsleistungen zu Gute kommt. Es fällt somit der erzielte mechanische Effect nicht viel unter die aufgewandte lebendige Kraft, während in unseren Maschinen die Arbeitsleistung nur immer ein kleiner Bruchtheil der Betriebskraft ist. Die von den Pflanzenzellen flott gemachte Energie hat auch einen viel größeren Werth, als man dieses sich gewöhnlich vorstellt. Weil sie fast ausschließlich nur zu inneren Leistungen verwandt wird, entzieht sie sich unserer Wahrnehmung, und nur in Ausnahmefällen, wie z. B. wenn Wurzeln durch ihr Wachsthum harte Felsen sprengen, tritt sie in augenfälliger äußerer Arbeit zu Tage. Nach Pfeffer dürften ihre inneren mechanischen Leistungen nicht geringer anzuschlagen sein, als jene der Thiere.

Bevor wir von dem skizzirten auf- und absteigenden Atomgewoge uns abwenden, wollen wir noch auf zwei Sachen im Besonderen aufmerksam machen. Erstens beachte man wohl, daß es sich nicht um *einzelne vorübergehende* chemische Reactionen handelt, die der Chemiker auch am gewöhnlichen Stoffe hervorrufen kann, sondern um eine derartige Veranlagung des lebendigen Stoffes, die auf eine *fortwährende, immer wechselnde Verwandlung abzielt und sie von selbst bewirkt*. Hier ist der Wandel des Stoffes, der beständige chemische Fluß der Atome dasjenige, was wir den Stoff anstreben sehen; die chemischen Reactionskräfte der Atome concurriren als subordinirte Factoren. Dort aber ist die festeste Ruhelage der Atome, das solideste Sistiren der Reactionstendenzen das erstrebte Ziel, und der zeitweilige, rasch vorübergehende Stoffwechsel ist das Mittel, welches dazu führt. Wenn ich eine noch so große Zahl von chemisch wirksamen Stoffen in ein Gefäß zusammengießen wollte, würde doch nur eine beschränkte Anzahl von Umsetzungen erfolgen, und nach kurzer Zeit würden die Atome sich wieder im Zustande des Gleichgewichts befinden, das stabiler ist als ihr

früheres vor dem Zusammengießen, und darin ruhig verharren. Eine oder gar mehrere neben einander regelmäßig fortwirkende Reihen chemischer Processe würden sich daraus nie und nimmer ergeben. — Es werden sodann die chemischen Reactionen außerhalb des lebendigen Organismus nicht bloß betreffs ihres Eintrittes, sondern auch in Bezug auf die Art ihres Verlaufes und der Endproducte wesentlich von den äußeren Umständen bedingt und bestimmt. In der Zelle aber sind sie zwar von gewissen äußeren Vorbedingungen in entfernterer Weise ebenfalls abhängig; ihr Zustandekommen jedoch in der concreten oben geschilderten Gestalt, die Richtung der Atomverschiebungen und die Art der Zwischen- und Endproducte wird offenbar nur vom lebendigen Stoffe selbst festgestellt. Deßhalb ist der ganze specifische lebendige Stoffwechsel immer auch mit der lebendigen Zelle constant vorhanden und zwar mit derselben Art von Zellen auch immer genau in derselben Weise. — — Es sind nämlich — und das ist das Zweite, was wir schon an dieser Stelle eigens betonen möchten — die Atome und Molekeln sammt der ihnen eigenthümlichen chemischen und physikalischen Ausrüstung in den einzelnen Acten dieses so scenenreichen Spieles als untergeordnete Acteure wohl mitbetheiligt; die Aufführung des ganzen Stückes aber, sammt Vor- und Nachspiel, ist, wie die früher betrachtete Plasma- und Zellsaftbewegung, nur Sache des Protoplasten mit oder ohne Zellkern.

2) Die Bewegungen in verschiedenen Arten von Zellen und die Bewegung der Fortentwicklung.

Mit der allgemeinen Charakterisirung der drei Arten von Bewegungen innerhalb der Parenchymzellen wären wir glücklich zu Ende gekommen, und ich hoffe, daß dieses verwickelte Getriebe den Blick des Lesers nicht getrübt hat. Im Nachstehenden wollen wir der Kürze und Deutlichkeit halber die Protoplasmabewegungen, die Zellsaftcirculationen und den chemischen Kreislauf als Massen-, Molekular- und Atombewegung von einander unterscheiden. Wir begegnen denselben in allen lebendigen Zellen, pflanzlichen und thierischen. Weit entfernt jedoch, überall nach der nämlichen Schablone sich abzuwickeln, variirt das Bewegungsbild in seinen inneren Details und in seinen concreten Umrissen mit deren specifischer Verschiedenheit zwischen weiten Grenzen. Und auch über diese Variation müssen wir zur Vervollständigung der allgemeinen Charakteristik noch einige Worte beifügen. — Wenn wir in diesen allerwinzigsten Zellen, von denen 100 bis 200 neben einander gelegt noch nicht eine millimeter-

lange Linie decken, Raum genug vorhanden sehen für die größte Mannigfaltigkeit der Lebensentwicklung und Kraftentfaltung, so erregt dieses mit Grund Staunen. Auf der einen Seite sehen wir da Zellen, in welchen das Protoplasma einen sehr hohen Grad von Differenzirung erlangt und die gesonderten Glieder, kunstvoll ausgestaltet und complicirt zusammengeordnet, sehr verschlungene Plasmaströme hin und her pulsiren lassen. Auf der anderen Seite verhüllt sich die Form der inneren Zellbewegung dort, wo festes Protoplasma, Enchylema und Zellsaft in ein homogenes Mixtum compositum zusammenfließen, unter dem Schleier so großer Einfachheit, Monotonie und Ruhe, daß es viel Mühe kostet, sie überhaupt noch herauszufinden. Das kräftige Circuliren der Massen, welches den Fluß- und Meeresströmungen vergleichbar ist, hat hier, wo freie Flußbette und gesonderte Wasserbecken fehlen, selbstverständlich aufgehört. Alles reducirt sich auf ein unscheinbares, gesetzmäßiges Verschieben und Verrücken einzelner Zellentheile. Ein gewaltiger Abstand fürwahr liegt zwischen dieser Art der Massenbewegung und den schönen Spiralwindungen des Protoplasma's in gewissen Algenzellen, oder gar den amöboiden Kriechbewegungen, welche von den Plasmodien der Schleimpilze ausgeführt werden und äußerlich von den Bewegungen der thierischen Amöben nicht verschieden sind, da sie, wie jene, unter Ein- und Ausstülpen von Protoplasma-Armen ihren Körper in kurzer Zeit über beträchtliche Strecken hinschieben. — Auch die beiden anderen Arten der Zellbewegung, die Molekular- und Atombewegungen, nehmen je nach der Verschiedenheit der Zellen einen anderen Verlauf. Bezüglich der letzteren wollen wir nur auf den bedeutenden Unterschied der Stoffwechselvorgänge hinweisen in den grünen und nicht grünen Zellen. In diesen sinkt der Assimilations-Proceß auf ein Minimum herab, weil sie, gleich den Thieren, hochorganische, energiereiche Stoffe schon als Nahrung aufnehmen. Wir greifen gewiß nicht fehl, wenn wir als allgemein giltig annehmen, daß eine jede specifische Zellverschiedenheit auch immer irgendwelche Änderung in allen drei Formen der Zellbewegung nach sich ziehe.

Wie sehr nun aber auch das Gesammtbild der Bewegung und seine Einzelheiten variiren mögen, so trifft die Verschiedenheit dennoch nur Nebensächliches. Die Hauptsache, das Wesentliche im ganzen Spiele bleibt sich überall gleich. Diese ist, wie oben angedeutet, an die lebende Protoplasmasubstanz selbst gebunden und mit dieser selbst gegeben. Denn alles lebendige Protoplasma besitzt als Grundeigenschaft die „Contractilität". Dank der hierdurch ihm eigenen Fähigkeit, sich von selbst zu

contrahiren und expandiren, erfreut sich jeder Zellinsasse, möge er nun auf der allerunterſten Stufe der Bildung stehen oder aber den höchſten Grad der Entwicklung erklommen haben, eines wesentlich gleichbewegten Daseins. Jeder vollzieht dieſelben rythmiſchen Bewegungen des ſich Zusammenziehens und Ausdehnens, des ſich Verbreiterns und Verſchmälerns in ſeinem feſten Protoplasma. Dieſe aber ſind allein die eigentliche und letzte Triebfeder, das weſentliche Grundelement, aus dem alle andern Plasmabewegungen erwachſen und auf das die oben geſchilderten hin- und herwallenden Plasmawanderungen ſammt all den Enchylemaſtrömungen ebenſo zurückzuführen ſind, wie die kaum merklichen Verſchiebungen in dem undifferenzirten Protoplasmaleibe. Daß aus dieſen gleichen fundamentalen Zuckungen ſchließlich ſo mannigfaltige Formen der Maſſenbewegung reſultiren, hat ſeinen Grund nur in der wechſelnden Organiſation des Protoplasmaleibes, gerade wie ja auch die gleichartigen fundamentalen Muskelzuckungen im Thierleibe die abweichendſte Gliederbewegung hervorrufen, je nach der verſchiedenen anatomiſchen Ausgeſtaltung des betreffenden Körpertheiles. Anders bewegt ſich das Herz, anders die Zunge, anders das Auge, anders die Hand, und doch verdanken ſie alle ihre Bewegung denſelben Muskelcontractionen und Muskelverlängerungen. — Wie nun aber weiter im hochorganiſirten Thierkörper die rythmiſchen Muskelzuckungen einerſeits die Leibesbewegungen bewirken, andererſeits aber auch die nährende Blutflüſſigkeit auf verſchlungenſter Bahn vom Centrum aus bis in die äußerſten Adergeflechte der Körperperipherie hinaustreiben und von dieſer wieder zu den Herzkammern zurückfließen laſſen, und dann wieder hierdurch, alle lebendigen Gewebe mit den immer erneuten Waſſern der Nährflüſſigkeit berieſelnd, nicht nur eine unabſehbare Reihe von Diffuſions- und Reſorptionsvorgängen einleiten, ſondern auch die chemiſchen Vorgänge der Aſſimilation und Desaſſimilation unterhalten und ſo ſchließlich auf den Muskel ſelbſt wieder erneuend zurückwirken und ihm die verbrauchte Bewegungskraft zurückerſtatten, ſo ſtehen auch die primitiven Protoplasmazuckungen in der gleichen innigen Wechſelbeziehung zu den Molekel- und Atombewegungen in der Zelle, und wirken letztere wieder regenerirend auf das zuckende Plasma. Auch hier geben die Contractionen der feſten Plasmaſubſtanz in erſter Inſtanz den mechaniſchen Antrieb zu den Bewegungen, durch die der Protoplaſt ſeinen Leib reckt, windet und dreht, in zweiter Inſtanz aber auch zu den Bewegungen, durch die er alle Theile ſeines Körpers in ſtets erneuter Berührung mit der Nährflüſſigkeit, dem Zellſafte bringt und in dritter Inſtanz endlich

zu dem tausendfachen Atomaustausch, der sich während des Contactes zwischen Leibessubstanz und Nährflüssigkeit vollzieht. Dieser Austausch aber gibt dem Protoplasma, das mit jeder Zuckung einen Theil seiner Masse und Kraft eingebüßt, seine volle Frische wieder. Also überall ein in sich zurücklaufender Bewegungskreislauf. So verschieden die einzelnen Wandlungen im chemischen Stoffwechsel und die Formen der Flüssigkeitsdiffusion in den verschieden gearteten Zellen auch sein mögen, die Grundvorgänge kehren überall in derselben Gestalt wieder und entsprechen vollkommen den analogen Processen im Thierorganismus. Complicirte unbeständige Eiweißsubstanzen mit großem Energievorrathe sind in allen Organismen das Endziel der aufsteigenden Stoffmetamorphose; stufenweise Umbildung derselben in Kohlensäure und Wasser, in niedrige Stickstoffverbindungen und Salze bilden in allen Pflanzen und Thieren den Grundzug des absteigenden Stoffwechsels. Gewiß, da kann auch das blödeste Auge das Walten eines einheitlichen, allgemein giltigen Lebensgesetzes nicht übersehen. Derselbe weise Plan, der in den warmblütigen Vierfüßlern die bewunderungswürdigsten Conjuncturen der Massen-, Molekular- und Atombewegungen beherrscht, regelt, ordnet und einigt, ist dem Wesentlichen nach schon in der niedrigsten Pflanzenzelle, in dem ersten Anfangsstadium des Lebendigen deutlich ausgeprägt [1].

[1] Wenn wir in Obigem die Bewegungen der Pflanzenzelle mit denjenigen des Thieres in Parallele gestellt, so sind wir natürlich weit davon entfernt, den Pflanzen mit so vielen Physiologen unserer Tage die specifisch thierische Bewegungsthätigkeit beizulegen. Es kam uns nur darauf an, den einen Grundplan der lebendigen Bewegung, welcher sich durch das ganze Reich der Organismen verfolgen läßt, klar hervortreten zu lassen. Viele Bewegungen sind beiden Specialreichen des Lebendigen wirklich gemeinsam, andere kommen den Thieren allein zu, und wieder andere finden sich bei Pflanzen und Thieren, geschehen aber in beiden auf verschiedene Weise. Die chemischen Processe, die Diffusionserscheinungen als solche sind principiell dieselben hier wie dort. Die Muskelzuckung als rythmische Contraction der Muskelsubstanz ist wesentlich derselbe Proceß, wie die pflanzliche Protoplasmacontraction. Inwiefern jene aber durch Nervenströme ausgelöst und durch die Nerven der sinnlichen Perceptionsthätigkeit untergeordnet wird, ist sie specifisch thierisch. Dasselbe ist zu sagen von allen Bewegungen des Thierorganismus, die spontan sind, d. h. welche in Folge einer Selbstbestimmung zu Stande kommen, die ihre Specification einer vorhergehenden Wahrnehmung verdankt. In der Pflanze erwachsen die Bewegungen nur insoweit der Selbstbestimmung, als der Naturtrieb der Pflanze sie veranlaßt, welcher aus sich selbst schon allseitig und im Einzelnen determinirt ist und keine weitere Specification durch individuelle Thätigkeit erhält. So kommt es denn auch, daß Infusorien ihre Bewegungen der äußeren Umgebung bestimmt anpassen, Hindernissen, die sich ihnen in den Weg stellen, geschickt ausweichen, während bewegliche Algensporen gegen dieselben anprallen.

Um von diesem Zusammenhang der verschiedenen Bewegungsarten ein faßlicheres Bild entwerfen zu können und um gleichzeitig den Leser über den Stand unserer dießbezüglichen positiven Kenntnisse aufzuklären, sei es uns gestattet, den Vorgang der Muskelcontraction seinen Hauptmomenten nach zu schildern. Während es nämlich noch ganz und gar unmöglich ist, die Contractionsthätigkeit des pflanzlichen Protoplasma's im Detail auseinanderzulegen und die einzelnen dabei mitwirkenden Factoren zu bezeichnen, läßt sich dieses bis zu einem gewissen Grade bei der Muskelcontraction des Menschen und der höheren Säuger bewerkstelligen, wenn wir allerdings auch hier immer noch sehr weit davon entfernt sind, die speciellen stofflichen Ursachen und Wirkungen in befriedigender Klarheit zu erkennen und zu unterscheiden[1]. — Für die Muskelzuckungen sind zwar unter normalen Verhältnissen Nervenreize nothwendige Vorbedingung, und es wird gerade durch sie die Muskelthätigkeit den Sinnen- und Geistesfunctionen materiell untergeordnet. Wir können jedoch einerseits, um unser Bild nicht allzu sehr zu compliciren, und andererseits, um einen unmittelbar vergleichbaren Terminus zur Protoplasmacontraction zu haben, diesen Nerveneinfluß ganz außer Acht lassen. Denn heute steht es fest, daß der Nervenreiz nur Veranlassung zur Contraction ist, und daß auch bei vollständigem Ausschluß der Nervenmitwirkung der Muskel — künstlich wenigstens — durch rein chemische und mechanische Mittel zur Thätigkeit gereizt werden kann, und daß in diesem Falle die Vorgänge im Muskel, so weit sie wahrnehmbar sind, wesentlich ebenso verlaufen, wie bei der Nervenreizung.

[1] Heute sind sich die Forscher bewußt, viel weiter von einer klaren Einsicht in den Bewegungsvorgang des Muskels entfernt zu sein, als man dieses vor 40 Jahren zu sein glaubte. Im Jahre 1842 verstand es nämlich J. v. Liebig, mit dem ihm eigenen genialen Blicke aus dem wenigen damals vorliegenden Beobachtungsmateriale ein anschauliches Bild von der Muskelthätigkeit zu entwerfen und durch die überzeugende Kraft in seinen Worten und Schriften demselben überall Eingang zu verschaffen. Als man aber hernach daran ging, die Muskelthätigkeit mit den Reagenzien, der Wage und der Berechnung in ihren einzelnen stofflichen Veränderungen zu verfolgen, trübte sich das Bild immer mehr, anstatt sich zu klären; es stimmte nicht zu den exakten Resultaten. Als dann der greise Mentor der neueren Chemie kurz vor seinem Lebensende diesem Thema abermals (1870) seine letzte Kraft zuwandte und in einer seiner würdigen Arbeit über die „Muskelkraft" die neueren Forschungsergebnisse discutirte, gestand er unumwunden ein, zu erkennen, daß die genaue Lösung der Frage über die Quelle der Muskelkraft noch sehr ferne liege. Die seitherigen Untersuchungen haben diesen Ausspruch nur zu sehr bestätigt. Je mehr man in das Einzelne lösend eindringt, um so mehr verwickelt sich das Ganze.

Die exacte Forschung sagt uns nun, daß die specifische Thätigkeit des Mukels, die er auf äußeren Reiz hin entfaltet, darin besteht, seine vielen dünnen Fasern, aus denen er besteht, zusammenzuziehen und wieder zu strecken. Wir wissen ferner, daß diese Gestaltsveränderung der Fasern sich vollzieht in Folge einer eigenthümlichen örtlichen Umlagerung des contractilen Stoffes oder überhaupt in Folge einer Änderung in der räumlichen Vertheilung sämmtlicher Stoffe innerhalb der letzten anatomischen Elemente, welche die Muskelfasern bilden. Wir wissen weiter, daß neben diesen localen Verschiebungen der Partikeln auch chemische Atomverschiebungen in den Molekeln sich ereignen: Sauerstoff wird zu Oxydationen verbraucht, Kohlensäure wird gebildet, der vorher alcalisch reagirende Muskelsaft wird sauer ꝛc. Es scheint außerdem constatirt, daß diese chemischen Veränderungen in der Masse des thätigen Muskels stattfinden und ein constantes wesentliches Glied in der Kette der Bewegungsfactoren bilden, daß sie nicht etwa, wie einige angenommen hatten, auf Kosten des Blutes zu setzen sind, welches die Fasern des Muskels äußerlich umspült[1]. Endlich ist nachgewiesen worden, daß außer den Contractionsbewegungen, welche die Haupterscheinung darstellen, auch noch elektrische

[1] Neuerdings glaubte Herr Kronecker (Naturforscher 1882, Bd. 15. S. 304 ff.) aus seinen ingeniösen Experimenten schließen zu können, „das Herz zehre nicht von seinem Stoffe" bei der Muskelthätigkeit, sondern vielmehr nur von dem Serum-Eiweiß des den Herzmuskel durchfließenden Blutes. Die Sache genauer erwogen, beweisen jedoch diese Versuche nur die unbedingt nothwendige Mitwirkung des Serum-Eiweißes zur Thätigkeit des Herzmuskels. Das schließt aber eine Umsetzung des Muskelgewebes keineswegs aus und nöthigt noch viel weniger dazu, die Energieentbindung durch chemische Thätigkeit außerhalb der Muskelfasern zu suchen, selbst auch für den Fall, daß das ungeformte Serum-Eiweiß, welches vom Blute geliefert wird, der unmittelbare Lieferant der Bewegungsenergie wäre. Es muß sodann der wichtige Umstand wohl beachtet werden, daß der Muskel des Herzens in eigener Weise arbeitet und vor den anderen Muskeln in mehrfacher Beziehung durch seine höhere Leistungsfähigkeit sich auszeichnet. Bekanntlich ermüdet das Herz nicht bei seiner Arbeit wie andere Muskeln. Gemäß seiner Bestimmung, welche ihm auferlegt, relativ sehr große Lasten von Blut unablässig in die Blutbahnen zu befördern, pulsirt es, ohne je zu erschlaffen; indem es sich stets frisch und gut genährt erhält, arbeitet es immer mit voller Kraft und in passendem Tempo, wenig gestört durch unzeitige Antriebe und gar nicht berührt durch den Wechsel der Reizstärke. Im Herzen erneut sich also das Muskelgewebe in demselben Maße, als es sich theilweise bei der Arbeit verändert; nicht so in anderen Arten von Muskeln. Die neuesten Untersuchungen von Weil und Zeitler (Zeitschrift für physiol. Chemie 1882, Bd. 6. S. 55 ff.) über die stofflichen Veränderungen im thätigen Muskel sind einem ausschließlichen Verbrauch des Serum-Eiweißes höchst ungünstig, da sie neben der Zunahme der Phosphorsäure eine Abnahme des Lecithins bewiesen und einen Zerfall von Nuclein sehr wahrscheinlich machten.

Ströme und eine geringe Wärmeentwicklung durch die chemischen und physikalischen Verschiebungen hervorgebracht werden. Dieß ist der Hauptsache nach Alles, was die Beobachtung festzustellen vermocht hat[1]. — Der Stoffverbrauch durch die Zuckungen des Muskels bewirkt erfahrungsgemäß, daß letzterer nicht fortwährend ohne Schaden arbeiten kann. Hat er bis zu einem gewissen Maße sich abgearbeitet, so ermüdet, erlahmt er, oder wird auch einfachhin arbeitsunfähig, weil seine stoffliche Grundlage zu sehr sich verändert hat, um noch jene chemischen Processe länger ausführen zu können, welche die erste Vorstufe zur Kraft- und Arbeitsentfaltung sind. Auf die Arbeit muß, das wissen wir Alle, Ruhe folgen, wie auf den Tag die Nacht. In diesen Zwischenpausen regenerirt sich dann der Muskel sofort wieder; das ihn durchströmende Blut führt ihm das Material zum Wiederaufbau des Abgearbeiteten zu und schwemmt zum Theil das Unbrauchbargewordene (z. B. Kreatin, Xanthin, Hypoxanthin) weg; ein anderer Theil des Letzteren aber wird gleichzeitig von den Lymphgefäßen aufgesaugt und weggeschafft. Diesem Umstande ist es denn auch zu danken, wenn der Muskel durch mäßige Arbeit allein sich gesund und frisch zu erhalten vermag, weil er nur so sich beständig erneuert. Bei ununterbrochener Ruhe degenerirt er, wie die Erfahrung schon lange gelehrt hat; er wird fettig und kann durch stoffliche Verbildung sogar vollkommen unfähig für jede Arbeit werden[2].

[1] Vgl. Funke-Grünhagen, Lehrbuch der Physiologie. 1876—1879, Bd. 1. S. 650 ff. Über die speciellen chemischen Vorgänge, durch welche die Energie zu den mechanischen und calorischen Leistungen des Muskels geliefert wird, haben in letzten Jahren namhafte Forscher zwar eine Reihe sehr abweichender Ansichten ausgesprochen; keine erhebt sich aber über den Werth einer ersten unsicheren Hypothese. Wir kennen heute weder die Klasse von Substanzen, welche die Quelle der Kraft sind, — ob sogenannte Kohlenhydrate und Fette, oder Eiweißsubstanzen, und wenn letzteres, ob das „geformte" Körper-Eiweiß oder das „ungeformte" Nahrungs-Eiweiß oder beide zusammen — noch die Art der chemischen Reaction, durch welche die Kraft freigemacht wird, — ob Spaltung, ob directe oder indirecte Oxydation, ob mit oder ohne Fermentwirkung ꝛc. ꝛc. Die neuesten chemisch-physiologischen Untersuchungen über den Muskel zur Zeit der Ruhe und der Arbeit haben zudem die allgemein angenommenen Erklärungen über die Art der Eiweißzersetzung, über die Kohlensäurebildung, über die Milchsäureproduction wieder in Frage gestellt. Vgl. Berichte der deutschen chem. Gesellschaft. Berlin 1880, S. 2237; 1881, S. 1214; 1882, S. 2629. Naturforscher 1878, S. 38, 96 u. 136. König, Die menschlichen Nahrungs- und Genußmittel. Berlin 1880, S. 53 ff.

[2] Hieraus erklärt sich auch die Nothwendigkeit der körperlichen Bewegung für die Gesundheit und Frische des Körpers überhaupt. Wegen der Verknüpfung der Muskelthätigkeit mit der Nerventhätigkeit sowie mit der gesteigerten Blutcirculation und deßhalb mit der Erhöhung des gesammten Stoffwechsels im Körper, trägt sie

Auf Grund dieser Erfahrungsdaten können wir den ganzen Arbeitsvorgang im Muskel in folgenden inneren Zusammenhang bringen. Durch Anlage der Muskelfasern aus ganz bestimmten Stoffen und in höchst künstlicher Anordnung hat sich der Thierleib nicht nur einen der Kanone vergleichbaren Bewegungsapparat geschaffen, sondern ihn auch gleichzeitig mit der bewegenden Kraft, mit Pulver, geladen. Was nun in den Muskelfasern dem Kanonenrohre, was dem Pulver entspreche, oder ob im Muskel gar ein und derselbe Stoff Kanone und Pulver sei, können wir leider genau noch nicht sagen. Es scheint zwar, als ob die Eiweißsubstanzen im Muskel direkt als Pulver wirkten, indem ihre Molekeln erst sich spalten und dann die Spaltungsstücke durch den in der Muskelfaser leicht festgehaltenen Sauerstoff verbrannt werden. Wie aber im Pulver die Bewegungskraft, welche nachher die Kanonenkugel aus dem Rohre schleudert, ganz und voll als „Spannung" oder potentielle Energie in der chemischen Zusammensetzungsart vorhanden war, so ist die Contraction des Muskels und die durch diese hervorgebrachte Bewegung eines Körpergliedes ihrer Kraft nach voll und ganz in den sich chemisch umsetzenden Stoffen als Spannung vorhanden gewesen, und wird durch die Umsetzung eben aus ihnen frei gemacht. Weiter, ebenso wie das Pulver im Kanonenrohre nicht von selbst „losgeht", d. h. seine vorhandene, aber gehemmte Spannkraft nicht selbst vom Hemmniß befreit, mechanische Bewegung oder Lasthebung bewirkend, sondern hierzu eines äußeren Anstoßes, des Zünders bedarf, so benöthigt auch die Muskelfaser zur Einleitung der Thätigkeit eines Reizes von außen, der, wie gesagt, im Thiere durch die Nerven vermittelt wird. Der Reiz gibt nicht die Kraft, er macht die im Stoff vorhandene, aber gebundene Kraft nur frei. Ist nun aber einmal die Kanone losgebrannt und das Pulver verschossen, dann ist ihr gewaltiges Spiel auch am Ende; der Muskel dagegen fängt es von selbst und aus sich selbst immer wieder von Neuem an; er ladet sich selbst wieder mit dem Pulver, das der Organismus, dessen Theil er ist, fortwährend bereitet und ihm zuschiebt. — Wir bewegen unseren Körper nur durch unsere Glieder, die Glieder durch die Muskeln, die Muskeln durch die Spannkraft, welche in ihrer Stoffmasse während der Ruhe aufgespeichert vorlag, während der Bewegung aber frei wird. Die

die Arbeit und Selbsterneuerung auf den ganzen Körper über und macht uns damit — wenn Arbeit und Ruhe richtig sich ablösen — nicht nur stets arbeitsfähiger und frischer, sondern auch widerstandskräftiger gegen störende und schädliche Einflüsse von außen.

Spannkraft der Stofftheilchen ist selbst wieder, wenn nicht ganz, so doch zum Theile der Energie der Sonnenstrahlen entnommen, und diese ist endlich ein Theil jener vom Schöpfer den materiellen Theilchen zu Anfang der Dinge mit auf den Weg gegebenen Bewegung, von der auch die kreisenden Sterne und Alles, was sich da regt und bewegt, immerdar zehrt. Der äußere Anstoß, durch den im Menschen diese im Muskel aufgehäufte Sonnenenergie in innere und äußere Körperbewegung sich evolvirt, ist bald der der höchsten Centralstelle im Gehirn aufgegebene und durch die motorischen Nerven den Muskelfasern übermittelte geistige Willensimpuls, bald der auf angenehme oder unangenehme Empfindungen hin von niedrigeren Nervencentren aus sympathisch oder reflectorisch übertragene Reiz, bald ein Reiz, der nur von den vegetativen Nervencentren ausgeht, ohne daß irgendwelche sinnliche Perception ihm vorausgeht oder ihn begleitet, und endlich — wenigstens künstlich — ein Reiz durch chemische, physikalische oder auch nur mechanische Einwirkung direct auf den Muskel.

Der Muskel steht nicht nur dadurch weit erhaben da über jede künstliche Bewegungsmaschine, sei diese nun eine einfache Kanone oder aber eine Dampfmaschine, mit der man ihn gewöhnlich vergleicht, weil er selbst sich bildet, selbst mit Bewegungsmaterial sich versieht, selbst sich in Bewegung setzt, sondern ganz besonders dadurch, daß er seine Bewegungsthätigkeit höchst zweckmäßig den Bedürfnissen des **ganzen** Organismus selbstthätig anpaßt und regulirt. Heidenhain hat nämlich 1877 die wichtige Entdeckung gemacht, daß die Gesammtsumme der chemischen Energie, welche bei der Muskelzuckung freigemacht wird, bis zu einer gewissen Grenze mit dem zu überwindenden Widerstande wächst. Diese Entdeckung „wirft auf die geheimnißvolle innere Mechanik der Muskelsubstanz ein helleres Licht, als kaum irgend eine andere physiologische Entdeckung der Neuzeit". „Im Lichte dieser Thatsache zeigt sich der Muskel als eine erstaunlich zweckmäßige Maschine, welche schon vermöge ihrer Einrichtung — nicht etwa durch Vermittlung des Nervenreizes — um so energischer arbeitet, je mehr Widerstand sich ihrer Arbeit entgegensetzt." A. Fick und K. Harteneck bestätigten im Jahre darauf diese Entdeckung und erweiterten sie dahin, daß von der Gesammtsumme der freigemachten chemischen Energie ein um so größerer Bruchtheil zur mechanischen Leistung verwerthet wird, je größer die Kraft ist, welche sich der Muskelcontraction widersetzt, daß also der Muskel gegen größere Widerstände „sparsamer" arbeitet als gegen kleinere. In

einigen Fällen — so ermittelten sie — wurde bei großer Belastung des Muskels $^1/_3$ der freigemachten Energie zur mechanischen Leistung benutzt; in der Mehrzahl der Fälle aber nur etwas über $^1/_5$. Bei mäßiger Belastung war der Bruchtheil noch kleiner, und bei kleinen Belastungen fiel er selbst unter $^1/_{20}$. Somit arbeitet der Muskel bei mäßigen Belastungen nicht viel sparsamer, als eine Dampfmaschine [1]. Die bewunderungswürdige Teleologie in der Muskelthätigkeit erstreckt sich aber noch weiter. Wenn der Muskel, durch Arbeit bereits ermüdend, nicht so viel Energie aus den chemischen Quellen zu beziehen vermag, als in seinen ersten Zuckungen, so verfährt er, wie mit Zahlen bewiesen wurde, mit dem verminderten Betriebskapital noch ökonomischer als zu Anfang der Arbeit; von der geringeren Energiemenge verwendet er jetzt einen noch größeren Bruchtheil auf die mechanische Leistung und läßt weniger als Wärme abfließen [2]. Gewiß, diese überaus weise Einrichtung, derzufolge der Muskel den Energievorrath nur nach Maßgabe des zu leistenden Effectes angreift und dann wieder diese herausgegriffene Energiemenge um so ökonomischer verwerthet, je größere Ansprüche an ihn gestellt werden, beweist sonnenklar, daß der Muskel kein gewöhnlicher stofflicher Mechanismus sein könne. Keine Locomotive kann selbständig das Zuströmen der Wärme-Energie nach Maßgabe der Zahl angehängter Waggons und ihrer Belastung reguliren, und noch viel weniger die Ausnützung des zuströmenden Dampfes je nach der zu leistenden Arbeit moderiren!

Noch ein anderer tiefdringender Unterschied zwischen Muskel und Dampfmaschine liegt in dem Umstande, daß dem Organismus eine der Hauptbedingungen fehlt, welche eine Dampfmaschine in Bewegung setzt, nämlich die Wärmedifferenz zwischen Kessel und Condensator. Im Organismus wird nicht durch Verbrennung bereits *entwickelte Wärme* in mechanische Bewegung umgesetzt, es spielt vielmehr das gerade Gegen-

---

[1] Vgl. Naturforscher 1878, S. 9 ff. Die Werthe, welche Herr Fick früher für den Nutzeffekt in den Muskeln herausgerechnet hatte, waren günstiger, aber ungenau. Dasselbe ist zu sagen von denen, die Herr Gohren („Naturgesetze der Fütterung". 1872, S. 372) ermittelte. Man kann annehmen, daß im menschlichen Körper *im Durchschnitt* circa $^1/_5$ der chemischen Energie zur Überwindung mechanischer Gegenkräfte verbraucht wird, $^4/_5$ zur Erzeugung freier Wärme, die nicht verloren ist und dem Körper anderswie zu Gute kommt. Dasselbe Resultat leitete früher schon Herr Helmholtz aus theoretischen Prämissen ab.

[2] A. Fick, Mechanische Arbeit und Wärmeentwicklung bei der Muskelthätigkeit. Leipzig 1882, S. 180. Auch in der Wechselwirkung zwischen Reiz und Zuckung treten bemerkenswerthe teleologische Momente zu Tage. Vgl. a. a. O. S. 186 ff.

theil eine Hauptrolle[1]. In Hinsicht hierauf hat Prof. von Pettenkofer die Kraftquelle des thierischen Körpers, d. h. den aus der Nahrung abstammenden und durch die Organe gehenden Eiweißstrom zutreffender mit der Wasserkraft eines Mühlbaches verglichen, der stets gleichmäßig dahinfließt, unbekümmert darum, ob die in ihm liegende Kraft *ganz* oder *zum Theil* oder *gar nicht* zu mechanischen Leistungen ausgenützt wird. Der Eiweißstrom fließt gleichmäßig durch den Körper; die in ihm ruhende Kraft ist dieselbe bei Ruhe und bei Arbeit, und nur vom Willen der Menschen oder überhaupt von der vom lebendigen Organismus selbst ausgehenden Determination hängt es ab, ob die durch Eiweißzersetzung gewonnene Kraft für mechanische Bewegung und Arbeit verwerthet werden soll oder nicht. Der Wille oder der Determinirende läßt sich mit dem Müller, die Muskeln mit den mechanischen Einrichtungen der Mühle vergleichen. Der Müller kann, ohne daß der Bach größer oder kleiner zu werden braucht, mit ganzem, halbem und Viertel-Wasser arbeiten, wie es ihm gerade beliebt; aber ein kleiner Bach setzt natürlich dem Thätigkeitsdrange des Müllers eher Schranken als ein großer, und so ist es auch begreiflich, daß ein gut genährtes Thier mehr Arbeit leisten *kann*, aber nicht *muß*, als ein ausgehungertes. Und wie der Müller in einem Sammelteich oder durch eine Stauvorrichtung die fließende Kraft des Wassers hemmen und aufbewahren kann, so vermag auch der thierische Organismus durch Aufspeicherung des Sauerstoffes leistungsbereite Kraft in sich anzusammeln (S. 45). — Müller, Mühle und Mühlbach verschmelzen jedoch im lebendigen Organismus als Bewegungsapparat in ein untheilbares Ganze zusammen; der Muskel ist eine Mühle, die ihren Mühlbach in sich trägt und der der Müller sich incorporirt hat. Dieses ist eben das Eigenthümliche des lebendigen Bewegungsapparates, was ihn unverbindbar von allen nicht lebendigen Maschinen trennt!

Ganz ähnlich wie im Muskel müssen wir uns nun auch im contractilen Protoplasma den Bewegungsvorgang vorstellen, mag dieser Apparat durch seine Einfachheit noch so sehr vom Muskel sich unterscheiden. Den Muskelfasern entsprechen, wie wir das unten sehen werden, merkwürdige „Plastinfibrillen" im Protoplasma; dem Blute aber, welches im Muskel die beständige Zu- und Abfuhr des Stoffes übernimmt, entspricht das flüssige Zellplasma nebst Zellsaft. Der beständigen

[1] Vgl. A. Fick a. a. O. S. 153—160, wo des Weiteren ausgeführt wird, wie ungerechtfertigt es sei, den Muskel als eine thermodynamische Maschine aufzufassen.

Stoffwandlung oder dem Stoffverbrauch entquillt hier wie dort die Energie, welche durch die Plastinfibrillen je nach Bedürfniß in mechanische Arbeit umgesetzt wird. Der Anstoß zu diesem Umsatz geht, wie wir schon bemerkten, nicht von Nerven aus; Nervenreize kommen im ganzen Pflanzenreiche nirgends vor. Wir können im Protoplasma der Pflanzen nur Reize annehmen, die entweder direct durch die Lebensthätigkeit ohne äußere Einwirkung vermittelt werden, oder solche, wo bei Gelegenheit äußerer Einwirkung, z. B. des Lichtes, diese vom Organismus direct zu Bewegungsanstößen gebraucht werden. Indessen auch im letzteren Falle sind nicht diese Einwirkungen das unmittelbar Determinirende, sondern der Organismus; nicht das Licht bewegt die sich ihm zuwendenden Pflanzen, wie etwa die Flügel der Mühle eines Radiometers, sondern die Pflanze bewegt sich zum Lichte.

Das Charakteristische der Zellbewegung hoffen wir hiermit der Hauptsache nach genügend erläutert zu haben; es erübrigt nun noch, mit ein paar Worten auch dessen weiten Umfang in helleres Licht zu setzen. All die geschilderten Wellenzüge der Massen-, Molekular- und Atombewegung, die in jedem einzelnen Augenblicke durch die Zelle ziehen, bilden nämlich selbst wieder nur einzelne untergeordnete Bewegungselemente einer anderen weitergreifenden Fluthströmung, welche auf dem engen Raume der kurzlebigen Einzelzelle freilich in sehr einfacher Entwicklung inscenirt wird, höchst complicirt aber in den Zellaggregaten der höheren ausdauernden Pflanzen dahinfließet. Ich meine die Strömung der individuellen Fortentwicklung, die wir hier nicht ganz unberührt lassen dürfen. Kein lebendiges Individuum tritt fertig und ausgebildet in die Welt. Selbst der Protoplast der niedrigsten Zellenart wird als Kind geboren. Dicht, mit zähfester Substanz ausgefüllt, erscheint der kleine Neugeborene fast wie ein solides Kügelchen. Seine Substanz wird dann allmählich lockerer, wächst unter wohl geplanten Veränderungen im Körper- und Hausbestand zur normalen Größe aus und steigt gleichzeitig vom unvollkommenen Kindheitszustande zu dem jedesmaligen Culminationspunkte der Körperreife und höchsten Lebens-Entwicklung empor. Nachdem er sich eine Weile auf dieser Höhe behauptet, nimmt die Vollkraft des Lebens wieder allmählich ab und sinkt am Ende so weit zusammen, daß sie im Tode gleichzeitig in Stillstand der Bewegung und des Lebens umschlägt, in den meisten Fällen indessen erst dann, wenn durch Theilung oder Zeugung der Lebensimpuls auf ein neues Individuum übertragen worden. Alles Lebendige

auf der Erde wird geboren, d. h. nimmt seinen Ursprung aus einem Mutterorganismus, wächst und entwickelt sich, stirbt.

„Was da blüht und reift auf Erden,
Muß zu Staub und Asche werden."

So die weittragende, vielartige Bedeutung der Bewegung in dem winzigen Zellbläschen und überhaupt in jedem Lebewesen. Denn die geschilderten Grundvorgänge kehren überall in den Pflanzen in derselben Weise wieder; sie entsprechen aber auch den analogen vegetativen Processen im Thierreiche. — Hiernach dürfte es auch begreiflich sein, wie manche Physiologen das Leben mit der Bewegung geradezu identificiren. „Täuschung ist es," sagt schön und richtig Professor Cohn, „wenn wir ein lebendes Wesen uns als etwas Beharrendes, seine Erscheinung als etwas Bleibendes vorstellen; das Leben gleicht in Wahrheit einem Wasserfall, der auch nur scheinbar ein stetiges Bild bewahrt; aber in Wirklichkeit behält keines der Wassertheilchen seinen Ort, das eine wird immer durch das andere verdrängt und ersetzt; nur in der ewigen Bewegung erzeugt sich das Scheinbild der lebendigen Ruhe."[1] Es läßt sich auch in der That dieser Identificirung des Lebens mit einer eigenen Bewegung die Berechtigung nicht absprechen, sofern sie richtig verstanden und erklärt wird; versetzten ja schon die Alten mit vielem Scharfblick das wesentliche Merkmal des Lebens in die Selbstbewegung, in den „motus sui ipsius". Leider aber wird diese Gleichstellung heute oft ganz anders, in einem materialistisch-mechanischen Sinne sehr verfehlt und gefährlich gedeutet, wogegen wir nicht unterlassen werden, im zweiten Theil noch speciell Protest zu erheben. Daß eine eigenartige Selbstbewegung als ein wesentliches Moment für das Leben der Zelle anzusehen sei, dürfte nach unseren bisherigen Erörterungen nicht mehr zu bezweifeln sein. Je energischer in den Pflanzen das Leben pulsirt, um so erregter wogen auch alle drei Arten der Zellbewegung auf und nieder, mit der Lebensthätigkeit stellen sie sich ein und verschwinden sie. — — Eine andere Frage ist nun aber diese, ob diese Selbstbewegung immer auch *thatsächlich* vor sich gehen müsse, wo immer Leben sich findet, oder ob es zum Vorhandensein des Lebens genüge, daß sie in der Tendenz und der Veranlagung des organisirten Stoffes wirklich bestehe, kurz ob sie nothwendig immer actuell auftreten müsse oder aber auch virtuell sein könne, ob — mechanisch ausgedrückt — die Lebensenergie immer eine kine-

[1] Deutsche Rundschau 1881, Bd. 27. S. 64.

tische sein müsse, oder aber zeitweilig auch rein potentiell bleiben könne. Wir sprechen hier nicht von der absoluten Möglichkeit einer bloß potentiellen Lebensbewegung; denn diese wird wohl von keiner Seite her in Abrede gestellt werden, sondern davon, was in der That in den Pflanzenzellen zu geschehen pflegt. Dieser factische Sachverhalt ist nun in den meisten Fällen, zumal in den niedrigsten einzelligen Organismen, sehr schwierig festzustellen. Soviel hat indessen die Ausdehnung und Verfeinerung der mikroskopischen Beobachtung jedenfalls gelehrt, daß die actuelle Bewegung viel allgemeiner und beständiger stattfindet, als man dieses ehedem geahnt hat. Professor von Hanstein, der so viele Jahre das Mikroskop mit Fleiß und Geschick handhabte, glaubt, daß im Protoplasmaleibe der Zelle, „auch wenn weder Strömung von Flüssigkeit mit Körnchen- noch Gliederverschiebung sichtbar sei, doch eine absolute Ruhe nicht stattfinde. Die in demselben vorhandenen Mikrosomen, Chlorophyllkörner oder sonstigen Einbettungen zeigen, wo man sie auch in Beobachtung nehme, ein stetiges gegenseitiges Verschieben ihrer Lage. Man brauche nur drei oder vier derselben fest in's Auge zu fassen, um Minute für Minute ihre Constellation geändert zu sehen. Fast unmerklich sei zwar die Bewegung selbst, aber stets bemerkbar ihr Resultat“ [1]. Sind schon die Massenbewegungen — denn nur von diesen war eben die Rede — über alle Erwartung anhaltend, so muß für die chemische Atombewegung eine noch größere Constanz angenommen werden. Wissen wir ja, daß diese auch im Winter, wenn die Kälte alle Saftbewegung in's Stocken bringt, ihr Spiel nie ganz einstellt. Auch haben Beobachtungen gelehrt, daß in der Pflanzenathmung nie ein Stillstand eintritt. Selbst in den ruhenden Pflanzenzellen, wie in Knollen, Zwiebeln, abgetrennten Früchten, ja in lufttrockenen Samen schreitet die Athmung in mäßigem Grade voran, solange ihnen das für die Lebensthätigkeit unentbehrliche „Constitutionswasser“ hinreichend geboten bleibt. Und sollte bei Gegenwart des Letzteren die Athmung erloschen sein, so ist dieses stets ein untrügliches Zeichen des Todes [2]. Im Hinblick auf diese Erfahrungen ist heute die Ansicht, derzufolge in der lebendigen Pflanzenzelle ebenso wie in den Thieren das Leben ganz erstirbt, wenn gar keine Art wirklicher Bewegung in ihr vor sich gehen kann, viel weniger unwahrscheinlich, als vor wenig Decennien.

[1] Protoplasma, S. 46. — Vgl. auch dessen Beobachtung über die beständige Bewegung der Chlorophyllkörner in Vaucheria-Fäden. Naturforscher 1874, S. 17.

[2] Pfeffer, Pflanzenphysiologie. Leipzig 1881. Bd. 1. S. 347 u. 351.

3) Gegenüberstellung der belebten und unbelebten Materie hinsichtlich ihrer Anlage zur Bewegung.

Es ist hohe Zeit, unsere Zelle endlich einmal mit der leblosen Materie zu confrontiren. Für jeden Leser, der die Geduld gehabt, obigen Auseinandersetzungen aufmerksam zu folgen und dabei die früher gezeichnete Charakteristik des unbelebten Stoffes nicht aus dem Auge gelassen hat, wird es jedoch kaum nöthig sein, die Consequenzen, welche sich aus der Vergleichung beider ergeben, des Weiteren zu entwickeln. Die durchgreifende fundamentale Verschiedenheit beider springt zu klar hervor, als daß sie übersehen werden könnte. Dort Tendenz zum möglichst Stabilen, hier zum Labilen; dort die Vollendung des Stoffes in der Ruhe, hier in der allseitigsten, umfangreichsten Bewegung; dort bildet die Bewegung nur einen zeitweiligen Übergangszustand zwischen den angestrebten Ruhelagen, hier ist die wirkliche oder vielleicht auch nur scheinbare Ruhe eine durch äußere Umstände aufgenöthigte vorübergehende Pause oder aber die Vernichtung des Lebens. Fürwahr, Tag und Nacht stehen einander nicht so schroff gegenüber, als das Belebte dem Unbelebten. — — Indessen der äußere Schein hat bezüglich der Gegenstände der Natur schon oft irre geleitet. Was ist verschiedener als die Ernährung der grünen Kräuter und die so mancher Pilze? Letztere stehen dem ganzen äußeren Scheine nach hierin den niedrigen Thieren näher als ihren grünen Stammverwandten. Also nicht jede große Verschiedenheit ist schon ein Beleg gegen die Zusammengehörigkeit in eine und dieselbe Kategorie. Erweist sich sodann die Kluft zwischen Pflanzenzelle und Krystall in Hinsicht auf den Gesammtcharakter auch so weit klaffend, daß sie jeder Überbrückung kühn zu spotten scheint, so ist es doch nicht leicht, die einzelnen Hauptmomente, worauf es hier allein ankommt, klar und scharf herauszugreifen. Auch der starre Krystall, welcher Jahrzehnte hindurch regungslos an der nackten Felswand gesessen, kann unter Umständen anfangen, in seinem Inneren sich zu regen und umzugestalten. Die von der Gesteinswand in seinen Leib einsickernden Wasser können, wie die Erfahrung gezeigt hat, in demselben einen ganz allmählich verlaufenden Stoffwechsel veranlassen, durch den die Leibessubstanz theilweise oder auch ganz hinweggeführt und an deren Stelle eine andere neue Substanz abgesetzt wird. Dabei bleibt oft die Krystallform, welche der weggeführten Substanz eigenthümlich war, erhalten, und dann spricht man von „Pseudomorphose", weil die substituirte Substanz in erborgtem Gewande erscheint. In einem

derartigen, gewissermaßen lebendig gewordenen Krystall, dürfte für Manchen, welcher der Sache nicht auf den Grund sieht, die Kluft zwischen Lebendigem und nicht Lebendigem schon weniger weit sich öffnen, obwohl sie auch hier ungeändert bestehen bleibt. — Wenn der Sauerstoff unter dem Einflusse der Elektricität in eine andere Substanz, das Ozon, sich verwandelt, könnte Mancher darin eine dem endothermischen Pflanzenchemismus (S. 18) ganz gleichen Act erblicken. Denn auch in dieser Metamorphose geht die stabile chemische Verbindung des gewöhnlichen Sauerstoffes, welche Molekeln aus je zwei Atomen enthält, in die labile und complexere des dreiatomig gegliederten Ozons über, unter Aufspeicherung von Energie. Daß die Energie hier aus der elektrischen Bewegung geschöpft wird, in den Pflanzen aber aus den Lichtschwingungen, ist ja doch nur ein unwesentlicher Nebenumstand. — — Wir wollen deßhalb zum Schlusse die Momente, auf die bei der Unterscheidung das Hauptgewicht gelegt werden muß, kurz und scharf hervorheben.

An erster Stelle beachte man wohl, daß nicht Stoff und Stoff, als solcher und für sich allein genommen, in Parallele zu stellen ist, dabei käme man allerdings zu kurz; sondern Stoff und Stoff mit der ganzen Summe von Erscheinungen, die wir ihm hier und dort als wesentliche und charakteristische anhaften sehen. Sodann ist nicht überhaupt schon der Mangel an Massen-, Molekular- und Atombewegung auf der einen Seite und deren Vorhandensein auf der anderen ein Unterscheidungsmerkmal — denn beides kann ja, wie wir gesehen, im Belebten und Unbelebten sich einstellen — sondern nur die aus der innersten Natur des unbelebten Stoffes entspringende und somit stets verbleibende Tendenz nach dem stabilsten Gleichgewicht einerseits, und andererseits die ebenso natureigene, unveräußerliche Tendenz des lebendigen Organismus nach jener ganz bestimmten Art von Massen-, Molekel- und Atombewegung, die wir oben auseinandersetzten. Diese stehen sich unter allen Umständen conträr gegenüber und pflanzen eine nie zu überspringende Scheidewand zwischen beiden Stoffreichen auf. In dem oben erwähnten Beispiele der Verwandlung des Sauerstoffes in Ozon macht sich trotz des Anscheines vom Gegentheil nur das alle todte Materie beherrschende Gesetz geltend. Die für die gewöhnlichen Verhältnisse stabilere Verbindung des Sauerstoffes wird unter dem Einflusse der Elektricität in ihrem Gleichgewichte gestört und hört damit natürlich auf, stabil zu sein; die Verbindung des Ozons dagegen ist jene, welche unter den geänderten Existenzbedingungen den Atomen das beste

Äquilibrium, also auch die relativ größte Stabilität gewährt. Es ist somit dieser Übergang des Sauerstoffes in Ozon selbst wieder ein Beweis für das Bestreben des unbelebten Stoffes nach der relativ größten Ruhelage. Sobald das Ozon dem Einfluß der Elektricität entzogen ist, wird es wieder labiler als Sauerstoff, und sucht deßhalb in die jetzt stabilere Verbindung des letzteren sich umzubilden. Es genügt dann z. B., das Ozon durch eine mehrfach gebogene Glasröhre hindurchzuleiten, um die Rückbildung zu bewirken und aus der Röhre das Ozon als gewöhnlichen Sauerstoff wieder ausfließen zu lassen. — Ganz ähnlich verhält es sich mit der erwähnten Krystallpseudomorphose. Das Eintreten des Stoffwechsels, der angeblich eine entfernte Ähnlichkeit mit dem Stoffwechsel im Organismus besitzen soll, ist in Wahrheit nur eine einfache chemische Veränderung, durch die eine weniger beständige Verbindung in eine festere übergeht. Die eigenthümliche Combination der Details im Processe, z. B. der Umstand, daß dieselbe von der Felswand aus in das Innere des Krystalls hinein ihren Weg nimmt, das Einführen der activen Substanz von Außen nach Innen, das Wegführen der Umsatzproducte u. s. w., diese sind hier lauter reine Zufälligkeiten und durch die äußeren Umstände bedingte Nebensachen.

Ein anderes Moment wesentlicher Verschiedenheit liegt ferner darin, daß die chemischen Reactionen im unbelebten Stoff, wenn sie *von selbst eintreten*, eine exothermische Richtung haben (S. 11), im belebten aber, soweit sie die Assimilation unmittelbar bewirken, eine endothermische (S. 32). Wohl kommen auch endothermische Reactionen im anorganischen Reiche zu Stande, und zwar oft ohne unser Dazuthun. So schwärzt sich das weiße Chlorsilber im Sonnenlichte und werden dabei aus der energieärmeren Verbindung des Chlorsilbers unter Absorption von Lichtenergie die energiereicheren Stoffe Chlor und Silber ausgeschieden. Umgekehrt gibt es in der langen Kette der zur Assimilation mitwirkenden Processe manche Zwischenacte, die einen exothermischen Verlauf haben. Doch dieß ändert nichts an der Sache. Denn auch hier kömmt es nicht darauf an, daß der eine oder andere Proceß hier und dort irgendwie vorkomme; die Pointe des Unterschiedes steckt vielmehr darin, daß der unbelebte Stoff *aus sich* immer auf Energieverminderung abzielt, der Organismus dagegen *aus sich* immer einen Verwandlungsproceß beabsichtigt, welcher eine Energievermehrung besagt. Wenn das Chlorsilber im Sonnenlichte in Chlor und Silber auseinanderfällt, so liegt davon der Grund keineswegs in dem Bestreben der Atome, aus sich in eine energiereichere Com-

bination überzugehen, sondern darin, daß sie, nachdem ihnen von Außen ohne ihr Dazuthun Lichtenergie aufgedrängt worden, wogegen sie sich nicht zu wehren vermögen, nun eine dem vermehrten Energiebestande entsprechendere Gleichgewichtslage einzunehmen suchen. Im Organismus dagegen ist die ganze Veranlagung des Stoffes eine solche, die immer und überall aus sich nach einem gesetzmäßigen und constanten Vorgange den Energiezuwachs veranlaßt. Hier ist die Energieaufspeicherung nicht ein von äußeren Umständen zufällig herbeigeführtes Ergebniß, sondern etwas mit der organisirten lebendigen Materie nothwendig Gegebenes. So bleibt es also immerhin wahr, daß die Stoffwandlungen des anorganischen Reiches und die des organischen in ihrer Gesammtheit betrachtet, trotz der einzelnen untergeordneten Vorgänge, die anders verlaufen, dennoch wesentlich von einander verschieden sind, wie dieses auch von den Materialisten offen eingeräumt wird. Professor J. Bernstein[1] z. B. drückt diese Thatsache ganz richtig folgendermaßen aus: „In den lebenden Organismen spielen sich zwei fundamentale Processe ab, von welchen der eine in der Umwandlung der kinetischen Energie in potentielle, der andere in der Umwandlung der potentiellen in die kinetische Energie besteht. Je nachdem der eine oder andere Proceß in den Organismen vorherrscht, erscheinen letztere uns als Pflanzen oder als Thiere. Bezeichnen wir den Übergang der kinetischen Energie in potentielle als den ‚an-energischen' und den Übergang der potentiellen in kinetische Energie als den ‚kat-energischen' Proceß, so befindet sich das unsichtbare Weltall nach der Theorie von Sir W. Thomson in einem unaufhaltsamen kat-energischen Processe, der nach unendlicher Zeit in Temperaturgleichheit enden müßte. In diesem großartigen Schauspiele stellt das Auftreten der Lebewelt an der Oberfläche der Himmelskörper gleichsam nur ein Intermezzo dar, welches den Ablauf der Acte auf kurze Zeit unterbricht. Indem die Pflanzen das Sonnenlicht als potentielle Energie in sich auffammeln, erscheinen sie uns als Organismen, in welchen der an-energische Proceß überwiegt und der allgemeine Weltproceß gehemmt wird, während die thierischen Organismen den kat-energischen Proceß wieder einleiten, der durch die Pflanzen aufgehalten war." Indem nun Herr Bernstein den Grund dieser Abweichung vom allgemeinen Weltproceß in den Organismen aufsucht, kommt er zur Überzeugung, daß die gewöhnlichen Kräfte der Ma-

[1] Vgl. dessen Abhandlung „Über die Kräfte der lebenden Materie" in dem Preisverkündigungs-Programm der Universität Halle für 1880, und Naturforscher, XIII. 1880, S. 389 ff.

terie — uns im Stiche lassen. „Die Kräfte für diese Processe hat man seit Liebig in den chemischen Processen des Stoffwechsels gesucht; aber es läßt sich leicht zeigen, daß selbst die chemischen Vorgänge im Organismus andere sind, als außerhalb desselben, daß das lebendige Eiweiß ganz andere Reactionen zeigt als das todte. Welche Kraft ist es nun, die diese Umwandlung bewirkt, und warum tritt sie außerhalb des Organismus niemals auf?" In seiner Noth verfällt er dann schließlich auf die Annahme eigenthümlicher „Contactkräfte", die nur im Organismus wirken und, von den gewöhnlichen chemischen und physikalischen Kräften zwar verschieden, nichtsdestoweniger Kräfte der gewöhnlichen Materie sind. Wir werden im zweiten Theile zeigen, wie eitel dieses Auskunftsmittel sei.

Als letztes und bedeutungsvollstes Moment stellen wir das Nachfolgende auf. Jede Bewegung in dem unbelebten Stoffe erweist sich immer als das Resultat der in den einzelnen Atomen und Molekeln actuell vorhandenen Kräfte und der wechselnden Einwirkung, welche die Atome und Molekeln von Außen her erfahren. Sie ist im Grunde nie etwas Anderes als die bessere Äquilibrirung dieser einzelnen factisch gegebenen Kräfte unter den geänderten äußeren Existenzbedingungen oder, mit anderen Worten, nichts Anderes als der Übergang von einem Gleichgewichtszustande in den anderen in Folge des Wechsels der äußeren Einflüsse. Die Ursache der Bewegung greift also nie über die einzelnen Stofftheilchen und die momentanen Verhältnisse hinaus. Ganz anders in jedem Organismus. In ihm ist die Bewegung organisirt und mehr oder weniger reich gegliedert. Alle Einzelbewegungen sind weit entfernt, jedesmal nur einen durch die äußeren Umstände bedingten Ruhezustand der einzelnen activen Atome und Molekeln zu erstreben; sie bilden vielmehr nur die Vorbedingungen für andere Bewegungen, die, in langer Reihe sich planmäßig folgend, alle zu Zuständen und Resultaten hinführen, welche weit über das Streben der einzelnen Atome und Molekeln hinausreichen. Vorbedingungen für ununterbrochen sich folgende Bewegungen, die alle ihren Zweck nur in gewissen Endzuständen haben, welche erst erreicht werden, wenn der jetzt thätige Organismus dem Stoffe nach einem anderen gewissermaßen Platz gemacht hat. Wenn nämlich in der jungen Zelle, die eben erst entstanden ist, Wasser und Kohlensäure ihres Sauerstoffes beraubt und zu den ersten complicirten Kohlenstoffverbindungen verwendet werden, so geschieht dieses nicht dieser unmittelbaren Producte halber, auch nicht wegen der

einzelnen entfernteren Producte, welche wieder aus diesen in zweiter, dritter, vierter u. s. w. Instanz sich bilden, ja selbst nicht wegen der letzten chemischen End-Producte des Eiweißes, der Cellulose u. a. m., sondern nur, um vermittelst dieser Stoffbildungen zu jenem Entwicklungsstadium des ganzen reifen Organismus zu gelangen und in ihm einige Zeit sich zu erhalten, nachdem die Atome, die mit der zuerst aufgenommenen Menge Wasser und Kohlensäure in die Zelle gelangten, den Organismus schon längst wieder verlassen haben. Ganz dasselbe, was von den einzelnen chemischen Verschiebungen gilt, ist aber auch von den sonstigen Zuckungen, Bewegungen und Strömungen im Protoplasma zu sagen. Wir haben es hier überall mit einer fortlaufenden Bewegungsthätigkeit zu thun, welche sich offenbar nach einem allumfassenden Plane vollzieht, die über die Gegenwart hinausgreifend nicht durch die momentanen äußeren Einflüsse bestimmt wird, sondern diese geschickt benützend auf ein fixes zukünftiges Ziel lossteuert; nach einem Plane, der nicht die vorübergehenden Einzelwirkungen der Atome und Stoffpartikeln bezweckt, sondern durch diese das mit dem gesammten Zellleben in die Erscheinung tretende Ganze. Diese Bewegungsthätigkeit, dieser Plan kann deßhalb nie und nimmer mit den einzelnen Stofftheilchen gegeben sein, nie und nimmer durch sie sich verwirklichen. Wahrhaftig, wie sollten denn auch die Wasserstoff-, Stickstoff- und Kohlenstoffatome durch die in diesem Momente ausgeführte Veränderung einen Zustand anstreben können, welcher nach Tagen und Monaten erst eintritt, einen Zustand, der sie gar nichts angeht, da sie, wenn er eintritt, nicht mehr in der Zelle sind, einen Zustand, der zu ihrer engen, einseitigen Wirkungssphäre in gar keinem Verhältnisse steht, und mit jenem Zustande schroff contrastirt, zu welchem sie mit ihrer eigenen ganzen Natur hingravitiren? Nein, die Erreichung dieses Zieles durch die tausendfach verschlungene, harmonisch geeinte Zellbewegung läßt sich, man mag sich drehen und wenden, wie man will, nie und nimmer erklären, es sei denn, man ordne die gesammte Atom- und Molekularthätigkeit einem einzigen höheren Impulse unter, der zwar in der Zelle selbst seinen Sitz hat, nicht aber von den stofflichen Zelltheilchen, sondern vom Zellganzen ausgeht. Alle nur chemisch, physikalisch und mechanisch wirksamen Kräfte lassen uns hier im Stiche, sie zielen naturnothwendig immer auf einen momentanen, bleibenden Ruhestand ab. Wenn wir also zur Erklärung dieses einheitlichen, beherrschenden Impulses nicht etwa die einzelnen Atome in der

Zelle mit Atomseelen voll Verstand, Bewußtsein und Willen ausrüsten wollen, durch die sie befähigt werden sollen, den Gesammtplan der Zellenthätigkeit zu erfassen, um dann nach gegenseitigem Übereinkommen sich in die Arbeit zu theilen und unter beständigem gegenseitigem Rapport und Einverständniß einheitlich auf das gemeinsame Ziel loszusteuern[1], so bleibt uns kein anderer Weg zur Erklärung offen, als die Annahme noch eines anderen activen Principes von höherer Wirksamkeit, eines besonderen Lebensprincipes neben und über der Materie. — Weiteren Aufschluß über dasselbe möge uns die eingehende Betrachtung des Bewegungsapparates selbst bieten.

III. Bildung und Structur des Zellenleibes.

1) Die Zellenorganisation im Allgemeinen.

Der Rohbau der Zelle, ihre Ausmöblirung und Tapezierung sind nicht minder eigenartig als die Zellbewegungen und stehen zu diesen in innigster Wechselbeziehung. Wir haben den Krystall als eine homogene Molekelanhäufung auffassen gelernt, die vor den einzelnen Molekeln, aus denen sie besteht, nichts voraus hat als die größere Masse (S. 17 ff.). Ganz anders in der Zelle. Während der Krystall, der aus einer wässerigen Lösung herauswächst, nur Molekeln einer und derselben Art ohne Änderung sich aneignet und alle fremdartigen Substanzen, die gleichzeitig in der Lösung vorhanden sind, von sich fernhält[2], zieht die Zelle gerade umgekehrt aus eigenem Naturantriebe eine große Zahl verschiedener Substanzen in den Kreislauf ihrer chemischen, physikalischen und mechanischen Bewegungen hinein. Bevor sie dieselben aber zum Ausbau ihres Leibes gebrauchen kann, müssen sie nach ihrer Aufnahme in das Zelleninnere

[1] In neuester Zeit sind in der That wieder manche Forscher, und gewiß nicht die blödesten, auf die sonderbare Annahme früherer Naturerklärer verfallen, welche jedem Atome ein geistiges Seelchen von unbeschränkter Befähigung zuerkennt. Es genüge, an dieser Stelle auf diese Seelen-reichen Herren bloß hingewiesen zu haben, die glauben, Seelen eben so leichter Hand aussäen zu können, wie der Bauer sein Korn; später werden wir bessere Gelegenheit finden, eingehender diese Verirrung zu beleuchten. Jedenfalls liefert aber diese Ausflucht einen Beweis dafür, wie wenig die bloße anorganische Stoffthätigkeit zur Erklärung der Zellenthätigkeit ausreicht.

[2] Isomorphe Substanzen, d. h. solche, welche in denselben Formen krystallisiren, können bekanntlich in einen und denselben Krystall eintreten. In den meisten Fällen sind aber solche isomorphe Stoffe von analoger chemischer Structur; jedenfalls sind ihre Molekeln krystallographisch gleichwerthig und verhalten sich bezüglich ihrer Anlage zur Krystallbildung, wie die Molekeln einer und derselben Substanz.

noch eine tiefgreifende Zurichtung erfahren. Durch die Wandlungen des Assimilationsprocesses werden sie, wie wir gesehen, für die Einfügung in den Zellenbau eigens umgebildet. Aus denselben Elementen: Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff wird neben anderen Substanzen, die nur indirect zum Bau verwerthet werden, die Gruppe der „plastischen Stoffe" oder der eigentlichen Bausteine langsam herausgearbeitet, genau nach den jedesmaligen Bedürfnissen im Zellenhaushalte. Wie es scheint, ist ihre Zahl nicht sehr groß; sie bleiben aber für dieselbe Zellenart constant, selbst wenn ihr zur Nahrung andere und ganz heterogene Substanzen geboten werden[1]. Nachdem sie fertig gestellt, werden sie dann nicht nach den Principien der Molekularattraction einfach und gleichmäßig nebeneinander placirt; ihre Zusammenordnung richtet sich vielmehr nach dem höheren Principe organischer Zweckmäßigkeit. Aus diesem Grunde werden selbst die gleichen Bausteine in ganz abweichender Weise angebracht, jeder an dem durch den Gesammtplan vorgezeichneten Platze, um von nun an nicht mehr selbständig, sondern nur als untergeordnete Glieder des vielfach differenzirten Ganzen und zum Besten der gesammten lebendigen Zellenmasse zu fungiren. Die eine Stoffpartikel liegt so, die andere anders, aber alle immer in solcher Weise, daß aus ihnen ein einheitlicher, in sich abgeschlossener vollendeter Bau erwächst, ein Bau, in welchem kein Stein zu viel ist und keiner zu wenig; das eine Theilchen thut dieses, das andere jenes; alle zusammen vollbringen aber trotzdem in jedem Momente nur eine einzige harmonisch combinirte, fehlerfreie Arbeit, viel vollkommener als dieses mit der besten Maschine zu erreichen ist, in welcher ebenfalls zahlreiche verschiedene Factoren als nothwendige Partialglieder eine mechanisch einheitliche Bewegung des ganzen Apparates bewirken. Hiermit hängt nun unmittelbar ein fundamentaler Unterschied zwischen Krystall und Zelle zusammen. Die Zellen und überhaupt alle Organismen können nämlich wegen dieser durch einen bestimmten Plan beherrschten Körperstructur in Bezug auf ihre Größe nicht wie die Krystalle unbestimmt sein, ihr Leib muß bestimmten Umfang, bestimmte Maaße haben. Dieß trifft denn auch in der That auf dem ganzen Gebiete des Lebendigen zu. Freilich ist das jedem Organismus zugetheilte Maaß nicht starr fixirt, wie etwa dasjenige eines invariablen Atomes; es participirt auch in seiner Weise an der Verschiebbarkeit und Beweglichkeit, welche das Lebendige nach allen

[1] Vgl. Pfeffer a. a. O. Bd. 1. S. 269 ff.

Seiten hin auszeichnet, indem es innerhalb enger Grenzen hin- und herschwankt.

Um jedoch den gewaltigen Abstand, der zwischen der Molekularaggregation eines Krystalles und dem Stoffausbau eines Organismus liegt, in seiner ganzen Tragweite zu begreifen, genügen allgemeine Betrachtungen nicht. Wir müssen wieder auf das Einzelne eingehen; eine Arbeit, der wir hier um so weniger uns entschlagen dürfen, als in letzter Zeit wieder oft versucht worden ist, die Organisation der lebendigen Wesen als eine Art Krystallisation hinzustellen[1]. Gewiß, Niemanden ist es noch in den Sinn gekommen, den Leib eines Elephanten, eines Rhinoceros, oder einen Kohlkopf, einen Kürbis, einen Eichbaum u. dgl. m. für Krystalle zu erklären; in höheren Thieren und Pflanzen tritt eben die Organisation des Gesammtkörpers in zu grellen Contrast mit der Krystallisation, als daß auch die kühnste Phantasie es wagen dürfte, beide Formenreihen unter einen Hut zu bringen. Was aber beim Ganzen nicht gelingt, das läßt sich an dessen Theilen versuchen, und was beim hochdifferenzirten Organismus nicht mehr glückt, das bietet bei der undifferenzirten Einzelzelle noch Aussicht auf günstigen Ausgang. Und so sehen wir in der That die Muskeln schon als Krystallaggregate figuriren, und dem Protoplasma der einfachen Zellen, wie auch der Zellhaut wird Krystallgefüge zuerkannt, ja es soll im Allgemeinen die Aggregation der Grundstoffmassen, aus denen das Lebendige seine Organe bildet, von der Molekelaggregation krystallisirter und unkrystallinischer anorganischer Stoffe principiell durchaus nicht verschieden sein.

Bevor wir den Details der Zellenorganisation uns zuwenden, sei hier noch eine wichtige Bemerkung, die im Folgenden stets im Auge zu behalten ist, eingeschaltet. In der lebendigen Zelle, sowie in jedem Thier- und Pflanzenleibe treffen wir neben den wirklich organisirten Stoffen, die allein an der charakteristischen Stoffstructur des Organismus Theil nehmen, stets viele andere Stoffe, flüssige, gelöste und auch ungelöste, welche, ohne eigentliche Bestandtheile des lebendigen Leibes zu sein, in der innigsten Weise mit ihm ligirt sind und zur Lebensentfaltung absolut erfordert werden. Der wichtigste unter diesen Stoffen ist wohl das Wasser. Als wahres Wasser durchtränkt es die ganze Zelle; es um-

[1] So unter Anderen ganz entschieden von Prof. Bernstein in dem Preisverkündigungs-Programm der Universität Halle: Über die Kräfte der lebenden Materie. 1880. Vgl. Naturforscher, 13. Jahrg. S. 392. Weniger klare Anklänge an diese verfängliche Erklärungsart findet man heute allenthalben.

fluthet nicht bloß die festen Theile des organisirten Zellenleibes als freie Flüssigkeit und mehr oder minder mit anderen Substanzen vermischt, sondern sitzt auch eingesogen und mit großer Zähigkeit zurückgehalten in allen festen Theilen selbst und macht sie eben dadurch für die Lebensfunctionen geschickt. Dieses Wasser entbehrt nun ganz gewiß der Organisation, und dennoch gehört es als integrirendes Glied zum lebenden Organismus. Sowie ich diesem durch Austrocknen das nasse Element entziehe, erlischt in ihm alle Lebensthätigkeit. Ja in den weitaus meisten Fällen wird mit der Wasserentziehung nicht nur die Lebensäußerung, das actuelle Leben, sondern selbst auch das latente oder virtuelle Leben vernichtet und der ganze Organismus einfachhin getödtet. Wie das Wasser, so verhalten sich aber noch andere Stoffe in jedem lebendigen Körper. Es bilden also auch diese nicht organisirten Stoffe integrirende Glieder in dem lebensthätigen Bau einer jeden Zelle, einer jeden Pflanze und eines jeden Thieres und dürfen, wo vom Leben und lebendigen Organismus die Rede ist, nie außer Acht gelassen werden. Wenn nur vom todten Organismus oder vom Organismus als solchem gehandelt wird, der eben durch seine eigenthümliche, als „Organisation" bezeichnete Structur allein sein individuelles Gepräge erhält, können diese Stoffe füglich unberücksichtigt bleiben; denn zu diesem gehören sie nicht als integrirende Bestandtheile. Das schon oft angezogene Beispiel einer Dampfmaschine verdeutlicht auch dieses Verhältniß. Wasserdampf und Feuer sind auch keine integrirenden Theile der Maschine als solcher, wohl aber des functionirenden Mechanismus.

2) Die Zellenorganisation im Einzelnen.

Wir halten uns hier zunächst nur wieder an den allerniedrigsten Zellenorganismus, der, wie wir sahen (S. 24), mit einem individualisirten Protoplasmaklümpchen zusammenfällt; sei es nun, daß dieses noch einen Kern beherberge oder selbst auch dieses einen gesonderten Gliedes entrathen könne (S. 23), sei es, daß es in Enchylema und festes Protoplasma auseinandergehe oder eine scheinbar gleichmäßig gemischte Masse darstellt (S. 39). Kann auf dieser untersten Stufe des Lebendigen schon eine Organisation des Leibes wahrgenommen werden? Jedenfalls wird sie, wenn sie schon vorhanden oder angedeutet sein sollte, wohl nur von untergeordneter Bedeutung sein können. Wir wollen sehen; nach den Ausführungen so vieler Materialisten sollte man allerdings glauben, daß hier für unseren Zweck Nichts zu finden sei.

Von allen Seiten und unbegreiflicher Weise auch von gediegenen, nüchternen Forschern wurde wirklich bis in unsere Tage das Protoplasma für eine homogene Masse erklärt ohne jede charakteristische Structur, ohne alle äußerlich hervortretende Organisation. Professor Reinke, der dieser Annahme den ersten tödtlichen Stoß versetzte, äußert sich über ihre bisherige Geltung, wie folgt[1]: „Zwar sind seit Jahrzehnten über die chemische Beschaffenheit des Protoplasma's Angaben in der Literatur vorhanden, die mit der Bestimmtheit der dogmatischen Form von einem Buche in das andere, von einer wissenschaftlichen Abhandlung in die andere hinüber wandern. In den zoologischen wie in den botanischen Lehrbüchern liest man ganz allgemein in Bezug auf die chemische Beschaffenheit des Protoplasma's, daß dasselbe eine eiweißartige Substanz sei. Diese Identificirung des Protoplasma's mit den von der Chemie als eiweißartige Substanzen unterschiedenen Körpern, welche soweit geht, daß man in neuerer Zeit Protoplasma geradezu als ‚lebendes Eiweiß' definirt hat, wird fast in allen wissenschaftlichen Untersuchungen als selbstverständliche Voraussetzung acceptirt; in manchen Schriften werden von namhaften Naturforschern die niedrigsten in der Natur vorkommenden Organismen, welche nur aus nacktem Protoplasma bestehen, structurlose Eiweißklümpchen genannt; das Protoplasma wird also als eine einfache Substanz aufgefaßt, d. h. als ein chemischer Artbegriff, eine chemische Verbindung; und wenn in der Literatur einzelne Angaben auftreten, welche dieser Deutung widersprechen, so finden dieselben keine Beachtung." — Diese grobe oberflächliche Auffassung hatte zu ihrer Stütze auch nichts als den äußeren Schein und einige unzureichende, allgemeine Farbenänderungen, welche man am Protoplasma vermittelst chemischer Reagentien unter dem Mikroskop erhält. Sie brach denn auch unhaltbar in sich zusammen, sobald man dem Protoplasma gründlicher und schärfer zu Leibe ging. Gleichzeitig mit ihr fiel aber auch das unheilvolle „herrschende Dogma von der Allmacht des Eiweißes". Heute kann, wenn es auch immer noch einige im Alten verknöcherte Forscher gibt, die an der gegentheiligen Behauptung festhalten, an einer über Erwarten complicirten Stoffausgliederung des Protoplasma's nicht mehr gezweifelt werden. Zuverlässige Beobachtungen haben erwiesen, daß es chemisch wie morphologisch mehrfach differenzirt ist.

Chemische Differenzirung im Protoplasma. — Um der

[1] Deutsche Rundschau 1882, 8. Jahrg. 4. Heft, S. 51.

stofflichen Zusammensetzung des Protoplasma's auf die Spur zu kommen, unterwarf Prof. Reinke mit geschicktem Griffe und großem Erfolge die Plasmodien des Aethalium septicum einer sehr genauen Analyse. Lohblüthe oder Aethalium septicum ist der Name eines unscheinbaren, aber äußerst interessanten Pflänzchens, das zu den niedrigsten Vegetabilien aus der Klasse der Schleimpilze zählt und auf alten Haufen gebrauchter Lohe, wie sie in den Höfen der Gerbereien zu liegen pflegen, ein absonderliches Leben vollführt. Plasmodien aber nennt man jene Entwicklungsformen des Pilzes, in welchen sein Leib nur aus Protoplasma in Gestalt einer gelben, breiartig weichen oder rahmartigen Masse besteht, in der das Mikroskop weder Zellwände noch irgendwelche sonstige Differenzirung bisher wahrnehmen ließ[1]. Weil nun die einzelnen, fast unsichtbar kleinen Plasmodiumzellen, wenn mehrere zusammentreffen, verschmelzen und nach gehöriger Entwicklung am ersten schwülen Sommerabende aus dem Innern des Lohhaufens herauskriechen, um an der Oberfläche sich zu sammeln, so entstehen oft pfundschwere, zusammenhängende Massen soliden, rahmigen Protoplasma's. Fürwahr eine sehr ergiebige und leicht zugängliche Quelle für geeignetes Material zu Protoplasmaforschungen.

Der chemischen Analyse solchen Protoplasma's widmete nun Professor Reinke in Gemeinschaft mit Dr. Rodewald „mehrere Jahre täglicher Arbeit"[2]. Durch völlige Austrocknung fanden sie einen Gehalt an Wasser von 75 %. Ebensoviel enthalten auch die thierischen Muskeln. — Aus dem getrockneten Rückstand extrahirte der Äther 5—6 % weiterer Substanz, großentheils ein Gemenge aus flüssigem und festem Fett. In ihm wurden Terpen, Propionsäure, Buttersäure, Capronsäure, Ölsäure, Stearinsäure, Palmitinsäure und Glycerin mit mehr oder weniger Gewißheit als nähere Bestandtheile constatirt. Außer diesen Fettstoffen enthielt der Ätherauszug noch Cholesterin, das ebenfalls im thierischen Körper sehr verbreitet ist, namentlich aber einen Bestandtheil des Gehirnes und der Nerven bildet, und Lecithin, jene phosphorhaltige complicirte organische Substanz, die wieder ein wichtiges Ingredienz des Gehirnes ausmacht und auch in den Muskeln aufgefunden wurde. — Wasser zog aus der mit Äther behandelten Masse

[1] In Structur und Ortsbewegung zeigen diese Plasmodien äußerlich die größte Ähnlichkeit mit den nackten Amöben, die bekanntlich zu den Thieren gestellt werden.

[2] Reinke und Rodewald, Studien über das Protoplasma. Berlin 1881.

einmal verschiedene stickstoffhaltige Substanzen aus, darunter Pepton, ein den Eiweißsubstanzen nahe verwandter Körper, Asparagin, Sarkin, Xanthin, Guanin, wiederum lauter wichtige Componenten des thierischen Organismus, zumal der Muskulatur, und endlich kohlensaures Ammonium; sodann eine Reihe stickstofffreier organischer Stoffe: Glycogen, das für den Muskel charakteristisch ist und reichlich in der Leber sich einstellt, eine eigenthümliche Zuckerart („Äthaliumzucker"), Ameisensäure, essigsaures Calcium; endlich die anorganischen Salze: Kochsalz und phosphorsaures Kalium. — Der Rückstand, der diesen Proceduren widerstand, ward erst abermals getrocknet und darauf mit siedendem Alkohol behandelt. Dieser zog ein eigenthümliches Harz aus, sowie die Kalkverbindungen mehrerer Fettsäuren von höherem Molekulargewicht. — Zuletzt ward die energischer wirkende Salzsäure angesetzt und vermittelst derselben noch kohlensaures, oxalsaures, phosphorsaures Calcium neben phosphorsaurem Magnesium und einigen anderen Stoffen ausgeschieden.

Um diese Daten, welche die Extractionsmethode an's Licht brachte, weiter zu vervollständigen, insbesondere aber um die wichtige Frage der Lösung näher zu bringen, ob das Protoplasma nur eine flüssige Masse oder ein Gemenge aus flüssigem Pflanzensafte und festen Körpern sei, wurden die Plasmodien von Äthalium jetzt auch mechanischen Untersuchungsoperationen unterzogen. 179 g frisches, breiartiges Protoplasma ward in starke Preßleinwand eingeschlagen und mit der Hand nach Kräften gepreßt. Man erhielt so 58 g Flüssigkeit. Durch den mehr denn 4000 kg betragenden Druck einer sehr mächtigen Presse gewann man noch weitere 62 g des trübgelblichen Saftes; in der Leinwand aber verblieb ein dünner, fester, ziemlich trockener Kuchen als Rückstand. Hiernach bestand die Protoplasmamasse aus 66,7 % abpreßbarer Flüssigkeit und 33,3 % fester Substanz. Letztere besteht nicht aus losen, gesonderten Partikeln; sie stellt vielmehr „einerseits die zusammenhängende oberflächliche Hautschichte des Plasmaleibes dar, andererseits aber ein festes und dabei plastisches, contractiles Continuum, welches den Plasmaleib in Form netzartig anastomosirender Fäden und Platten nach allen Richtungen durchsetzt". Dieses wurde durch eigens hierzu angestellte Versuche mittelst einer kräftig wirkenden Centrifugalmaschine wenigstens sehr wahrscheinlich gemacht. Als nämlich frisches Protoplasma „in einem dickwandigen Glasrohr an einer Centrifuge befestigt worden, durch

die man Butter aus frischer Milch herzustellen vermag, erfolgte keine Sonderung der festen und flüssigen Bestandtheile"; letztere sind also, ähnlich wie das Wasser in den Maschen eines Badeschwammes, von ersteren umschlossen.

Die durch Pressung in Protoplasmasaft und „Gerüstsubstanz" getrennten Antheile wurden nun ebenfalls, jeder für sich, in chemisch analytische Arbeit genommen und in eine Reihe von Einzelstoffen zerlegt. — Aus dem flüssigen Antheile schied man außer den bereits in der ersten Analyse gefundenen Stoffen (S. 63 u. 64) noch zwei Eiweißsubstanzen ab, nämlich das Vitellin, welches auch im Dotter des Hühnereiweiß vorkommt, und das aus thierischen Muskeln längst bekannte Myosin, und außerdem Pepsin, das hochwichtige Ferment der Magenschleimhaut höherer Thiere. — Die Gerüstsubstanz enthielt neben den schon erwähnten Stoffen: Cholesterin, Lecithin, festem Fett und Harz noch Plastin, einen eiweißartigen, unlöslichen Körper, welcher die Hauptmasse des festen Protoplasma's ausmacht, und dann wahrscheinlich noch das durch seinen Stickstoff und hohen Phosphorgehalt ausgezeichnete Nuclein, das in den verschiedensten Theilen des Thierleibes schon aufgefunden ist und nach neueren Untersuchungen auch in den Pflanzen, besonders in den Zellkernen, vorzukommen scheint [1].

Nachdem wir die schönen Resultate der ersten exacten Protoplasmauntersuchung kurz resumirt haben, wird es nicht unnütz sein, noch speciell darauf hinzuweisen, daß es sich in obiger Aufzählung der ausgeschiedenen Stoffe nicht um chemische Zersetzungsproducte des Zellplasma's handelt, sondern um Substanzen, die als wirkliche Bestandtheile des chemisch unveränderten Protoplasma's anzusehen sind. Denn die Analytiker heben eigens hervor, daß sie bei Auslese des Materials und bei Ausführung der Scheidung diesem Punkte eine ganz besondere Aufmerksamkeit geschenkt haben [2].

Man glaube auch ja nicht, daß mit der langen Reihe der namentlich aufgeführten Bestandtheile die ganze Reichhaltigkeit der chemischen Differenzirung im Protoplasma erschöpft sei. Jedem, der die Schwierigkeiten derartiger Analysen kennt, wird es sofort einleuchten, daß diese erste Analyse bei all ihrer Exactheit der Arbeit und ihrer Gründlichkeit der Methode keineswegs sogleich alle Componenten des Protoplasma's von Äthalium erreichen konnte. Die Analytiker weisen übrigens selbst auch auf die

[1] Vgl. Reinke und Rodewald, Studien ꝛc. S. 152.

[2] Ebendas. S. 8.

Unvollständigkeit ihrer Liste der Bestandtheile hin. Selbstverständlich wird sodann die Ausdehnung der Analyse auf das Protoplasma anderer Zellarten nicht überall die gleiche Composition antreffen und zu den Bestandtheilen des Äthaliumprotoplasma's manche Substanzen hinzufügen, welche nur in anderen Pflanzen vorkommen. Ja, das Protoplasma eines und desselben Zellindividuums wird nicht in allen Stadien der Entwicklung dieselbe Stoffcombination aufweisen. Der wesentliche Charakterzug des Lebendigen, die beständige Variation und Fluctuation, spiegelt sich schon in seiner untersten stofflichen Grundlage. — Dieses Eine leuchtet schon aus dieser Untersuchung sonnenklar hervor, daß die chemische Zusammensetzung des Protoplasma's viel mannigfaltiger ist, als man es bislang allgemein angenommen hat. Herr Reinke glaubt nicht fehlzugehen, wenn er behauptet: „das Protoplasma sei aus nicht viel weniger zahlreichen Verbindungen zusammengesetzt, als der Körper eines höheren Thieres."

Umgekehrt dürfen wir aber auch daran nicht zweifeln, daß bei allem Wechsel in der Gesammt-Composition doch gewisse Stoffcombinationen in allen Zellplasmen constant wiederkehren werden. Wir müssen nämlich mit Reinke drei Klassen von Plasmastoffen unterscheiden [1]. Erstens solche, die in specie allen Sorten von Protoplasma gemeinsam sind; es wären diese die *essentiellen* oder *schlechthin nothwendigen* Bestandtheile. Zweitens solche, die zwar ebenfalls überall vorkommen, aber nicht in allen Arten von Zellen genau dieselbe Atomconstitution, sondern nur denselben allgemeinen chemischen Charakter besitzen und analoge Wirkungen hervorbringen, also Stoffe, die nicht in specie allgemein verbreitet sind, sondern nur in genere oder in verschiedenen Repräsentanten eines und desselben Gruppencharakters. Man kann diese die *vicarirend nothwendigen* nennen, insofern wenigstens ein Repräsentant der Gruppe in jedem Protoplasma vorhanden sein muß, die einzelnen Stoffe aber stellvertretend einander ersetzen können. Beispiele hierhin gehöriger Stoffe sind die zuckerartigen Kohlenhydrate: Rohrzucker, Dextrose, Levulose, Mycose ꝛc. Als dritte Klasse lassen sich diejenigen Stoffe zusammenfassen, die in keiner Weise eine allgemeine Verbreitung zeigen und nur immer sporadisch in einzelnen Zellen auftreten. Wir stellen sie den constanten Bestandtheilen der beiden ersten Klassen als die *variirenden* oder *accessorischen* gegenüber.

[1] Vgl. Reinke und Rodewald, Studien ꝛc. S. 105 ff.

Die constante Wiederkehr einer mehr oder minder großen Zahl von Substanzen in allen Pflanzenzellen darf um so weniger beanstandet werden, als obige Untersuchungen die frappante Thatsache kennen gelehrt haben, daß das Protoplasma der Pflanzen selbst mit den thierischen Organismen eine nicht geringe Zahl charakteristischer Stoffe gemein hat. Haben wir früher vielfach Gelegenheit gefunden, auffallende Analogien zwischen Thieren und Pflanzen hinsichtlich der stofflichen Bewegungen zu constatiren, so enthüllt sich nun hier eine merkwürdige Übereinstimmung schon in der ersten Grundlage beider Organismenreihen, in dem unmittelbaren Baumateriale der Thier- und Pflanzenleiber. Überall kommt ein gemeinsames, eigenthümliches Gepräge zum Durchbruch, wodurch Pflanzen und Thiere zu einem besonderen, innig zusammengehörigen, in sich und nach außen gegen den unbelebten Stoff hin abgeschlossenen Reiche des Lebendigen gestempelt werden. Daneben lassen sich dann aber doch wieder zwischen Pflanzen und Thieren große durchgreifende Differenzen keineswegs verkennen, welche sie für jede vorurtheilslose Kritik in zwei unvermittelte, streng geschiedene Partialreiche auseinanderfallen läßt. Dieses ist denn auch das gesammte Resultat, zu dem Prof. Reinke sowohl durch „eigene wie fremde Forschung" sich hingedrängt sieht. Er faßt dasselbe in Form von zwei Thesen zusammen[1], die wir ihrer Wichtigkeit wegen wörtlich wiedergeben wollen.

1. „Alle Organismen, die niedrigsten wie die höchsten, die aus einem Klümpchen nackten Protoplasma bestehenden wie der menschliche Körper, sind aus zahlreichen chemischen Verbindungen aufgebaut, von denen die wichtigeren für alle Thier- und Pflanzengruppen die gleichen sind oder sich physiologisch vertreten. Dementsprechend sind die Grunderscheinungen des Stoffwechsels bei allen Organismen identisch."

2. „In keiner Beziehung können die unvollkommensten Organismen (Schleimpilze, Moneren) als Übergangsglieder zwischen Thieren und Pflanzen einerseits und der unorganischen und belebten Materie andererseits gelten; lebende Organismen, auch die einfachsten, sind fundamental verschieden von Aggregaten unbelebter Substanz, das niedrigste Lebewesen ist dem menschlichen Körper chemisch und physiologisch näher verwandt, als einem unbelebten structurlosen Eiweißklümpchen."

Morphologische Differenzirung des Protoplasma's. — Unter den zahlreichen Stoffen, die wir eben als Bestandtheile des

[1] Deutsche Rundschau a. a. O. S. 61.

Protoplasma's erkannt haben, gehören wahrscheinlich nur wenige dem eigentlichen Protoplasmaleibe, dem wirklichen Organismus des Protoplasten im engeren Sinne (S. 61) an. Alle flüssigen und gelösten Substanzen werden von demselben abgetrennt werden müssen und vorzugsweise nur jene sein Material darstellen, welche man in der Gerüstsubstanz findet. Im Plasmodium des Äthaliums wären diese nach obigen Untersuchungen nur das Plastin, das Nuclein, das Cholesterin, das Lecithin, festes Fett und Harz. Diese Componenten durchdringen sich nun aber ohne Zweifel nicht gleichmäßig durch den ganzen Protoplasmaleib; eine solche Auffassung widerspräche allen unseren Begriffen über Stoffverbindung; sie paßte auch nicht, wie das aus dem Folgenden noch klarer sich ergeben wird, zu den eigenthümlichen Functionen des Zellkörpers. Diese Stoffe werden analog wie die verschiedenen Organe in den höheren Organismen gesetzmäßig differenzirt und in lokaler Trennung und Vertheilung, entsprechend den ihnen zufallenden Functionen, zusammengestellt sein. Experimentelle Daten, welche erlaubten, darüber sich eine genaue Vorstellung zu machen, liegen indessen noch nicht vor. — Doch gesetzt auch, der eigentliche Plasmaleib sei chemisch nicht differenzirt, ja er bestehe selbst aus einer einzigen chemischen Substanz, etwa aus Plastin, so würde doch damit die Möglichkeit einer tiefgreifenden mannigfaltigen Organisation des Plasmaleibes nicht im mindesten in Frage gestellt sein. Denn einmal würde dieser einsubstanzige Zellenleib schon dadurch, daß er sich mit dem ihn umgebenden und ihn durchdringenden Saftgemische in verschiedener Weise verbände, einen wechselvollen Stoffapparat bilden können. Sodann aber wäre ein Zellleib, welcher nur aus einer Substanz bestände, schon an und für sich der vielgestaltigsten anatomischen Ausgliederung fähig. Wir brauchen uns indessen auf solche subtile Möglichkeiten nicht weiter zu stützen; zum Glück haben die neuesten mikroskopischen Zellstudien eine allgemeine *morphologische Gliederung des Protoplasma's* thatsächlich nachgewiesen.

Zunächst zeigte sich in jedem individualisirten Protoplasma eine Scheidung in ein resistentes „*Plasmahäutchen*" (auch „Hyaloplasmahäutchen" genannt[1]) und in gallertartigen Plasmainhalt. Diese äußerst

[1] Dieß Plasmahäutchen darf nicht mit dem verwechselt werden, was wir S. 21 Hautplasma genannt haben. Letzteres stellt nicht ein zartes umhüllendes Häutchen, sondern eine *massige Plasmaschicht* dar, die allmählich in das übrige Plasma verläuft und durch den Mangel an eingesäeten Mikrosomen von ihm sich unterscheidet.

dünne und oft optisch nicht erkennbare Hautbildung, welche das Protoplasma allseitig umschließt, *fehlt nie*, weder an der äußeren Umgrenzung, noch auch an den Außenflächen seiner Ausstülpungen in den Zellsaft hinein und an seinen Rändern gegen die Vacuolen im Zellinnern. Dieses Plasmahäutchen bleibt selbst dann noch vorhanden, wenn der Protoplast in ein Gehäuse von Zellfasersubstanz sich eingekapselt hat. Mag nun auch immerhin die Bildung dieser zarten Umkleidung vielleicht auf pure Molekularwirkung zurückgeführt werden können, so ist sie doch von den gewöhnlichen Flüssigkeitshäutchen, die durch molekulare Oberflächenspannung erklärt werden, wesentlich verschieden. Dieß lehren einmal die Erscheinungen, welche bei ihrem Zerreißen auftreten, dann die Art des Eindringens gelöster Stoffe durch die intacte und durch die eingerissene Plasmamembrane. Das Häutchen bildet aber auch in physiologischer Beziehung ein sehr bedeutungsvolles, ja nothwendiges Glied für den lebendigen Protoplasten, da durch dasselbe die osmotische Ein- und Ausfuhr der zum Lebensproceß gehörigen Materialien und Auswurfsstoffe geregelt wird [1].

Eine zweite Art morphologischer Gliederung könnte man wohl in der früher erwähnten Scheidung des Protoplasma's in Körnerplasma und in Hautplasma erblicken. Ist allerdings, wie wir das schon S. 21 hervorgehoben haben, der Unterschied dieser beiden Massen höchst wahrscheinlich kein wesentlicher [2], so scheint doch der Umstand, daß der Protoplast die gleichen Zellbestandtheile im Inneren der Zelle anders anordnet, als in den peripherischen Regionen, eine Differenzirung zu beweisen, die mit der gleichartigen Disposition aller Molekeln durch den ganzen Krystall schlecht harmonirt.

Das Hauptmoment indessen für die Annahme einer wirklichen Organisation auch in den niedrigsten Organismen liefert der experimentelle Nachweis eines *gegliederten Gerüstes innerhalb* des ganzen Protoplasmaleibes. Dasselbe ist nicht nur auf die grobe Weise, wie Reinke dessen Gegenwart im Äthalium constatirte (S. 64), erkannt worden; man hat es auch in seiner feineren, unverletzten Structur innerhalb der Zellen selbst leibhaftig gesehen. — Bereits vor einigen Jahren war in einzelnen Fällen von verschiedenen Forschern eine feinere, netzartige Structur innerhalb des weichen Plasma's erschaut worden. Hofmeister sah

[1] Vgl. Pfeffer a. a. O. Bd. 1. S. 31 ff.

[2] Prof. Strasburger hält der gewöhnlicheren Annahme gegenüber beide Massen für verschiedene Substanzen.

„Schichtung und radiale Streifung" in dem Hautplasma von Aethalium septicum; Rosanoff eine Gitterung in der protoplasmatischen Grundsubstanz der Chlorophyllkörner von Bryopsis; Strasburger zeigte, daß das Hautplasma der Schwärmsporen der Vaucheria von dichteren radial gestellten Stäbchen durchsetzt wird, während das innere Plasma einen netzförmig gekammerten Bau besitzt. Ebendiese Structur fand er dann auch in den Eiern der Coniferen und Gnetaceen. „Das Protoplasma des Eies von Ginkgo," so sagt er, „ist sehr locker gebaut; es bildet polygonale, mit Zellsaft erfüllte Kammern. Im optischen Durchschnitt erscheint es daher als Netzwerk. Alle Körnchen (Mikrosomen) liegen in und an den Wänden der Kammern." Eigene Erfahrungen brachten diesen eifrigen Beobachter zur Überzeugung, daß das Protoplasma überhaupt ein äußerst complicirt gebauter Körper sei. Endlich hatten auch die merkwürdigen Gestaltungsvorgänge im Inneren der Zellen während ihrer Theilung schon seit längerer Zeit die Vermuthung nahe gelegt, daß das Protoplasma eine feinere Gliederung und Zimmerung besitzen müsse.

Neuerdings hat nun Fromann[1] für eine ganze Reihe von Fällen eine mikroskopisch sichtbare charakteristische Structurgliederung wahrgenommen. Er fand, daß überaus zarte Fäden zu eigenthümlichen Gerüsten sich zusammenschieben. In ihrer einfachsten Form nehmen sie die Gestalt von ziemlich regelmäßigen Netzen an; in anderen Fällen aber stellen sich vielfach wechselnde Complicationen dieser Grundform ein. „In weitmaschigen Netzen zeigen die Fäden deutliche Contractilitätsbewegungen, man sieht sie erzittern und oscilliren. Auch ist ihre Gestalt nicht constant, sondern vielfacher Umbildung unterworfen. Einzelne Fäden können sich theilen, selbst in Körner zerfallen, andere Fäden verschmelzen mit einander, neue treten aus älteren hervor; kurz, diese Fäden oder Fibrillen machen die mannigfachsten Bewegungen und Massenverschiebungen durch."

Diese Beobachtungen Fromanns konnte Professor Schmitz bestätigen und vielfach erweitern[2]. Unter Benützung einer neuen Methode

---

[1] Aus dessen „Beobachtungen über Structur und Bewegungserscheinungen des Protoplasma's der Pflanzenzelle" (Jena 1880) in Reinke's Studien, S. 92, und Sitzungsberichte der niederrhein. Gesellsch. für Natur- und Heilkunde in Bonn. 1880. S. 161.

[2] Sitzungsberichte der niederrhein. Gesellsch. für Natur- und Heilkunde. 1880. S. 159—198 u. 250—258.

durchmusterte er das Protoplasma zahlreicher Zellformen von Thallophyten und Phanerogamen und stieß überall auf eine netzige oder kammerige Gerüstsubstanz, die zwar je nach den verschiedenen Entwicklungsstadien und Artenunterschieden der Zellen vielerlei Abweichungen zeigen, der Grundanlage nach aber überall gleich sind. In jüngeren Zellen mit hyalinem, durchsichtigem Plasma erscheint der Zellleib einfach punktirt. Die überaus feinen Pünktchen hält Schmitz wie Fromann für Knotenpunkte eines so zarten Netzsystemes, daß dessen Maschen mit den gewöhnlichen optischen Mitteln nicht mehr deutlich gesehen werden können. In älteren Zellen findet man bald diese Punktirung durch die ganze Masse beibehalten, bald wird sie nur in den centralen Theilen durch eine deutlich netzförmige Gitterung ersetzt, bald endlich hat sich der ganze Protoplasmakörper in ein gut markirtes Gerüstwerk aus Fibrillen umgewandelt. Dieser Körperbau ist auch nach Schmitz nicht starr und unbeweglich. „Es sind keineswegs starre Fasern, wie etwa in dem Fasergerüste der Spongien, welche dieses Protoplasmagerüste zusammensetzen, sondern Fäden, Fibrillen aus einer selbstbeweglichen, lebendigen Substanz, aus Protoplasma. Das ganze Gerüst ist in fortdauernder, bald schnellerer, bald langsamerer Umformung und Umgestaltung begriffen, indem die Fibrillen desselben fortgesetzt ihre Gestalt und ihre Anordnung ändern." Wo immer das Netzwerk klar aus der Masse hervortrat, erblickte auch er, wie schon früher Strasburger im Eie von Gingko, die Mikrosomen in innigster Verwachsung mit den Fäden des Netzes. Die kleinen Körnchen von unregelmäßig gerundeter Form „sind deutlich den feinen Fibrillen angeheftet. Sie springen gewöhnlich einseitig aus diesen Fäden vor und erscheinen fast als fremde Körperchen, welche der Oberfläche der Fibrillen eingesenkt sind und fest anhaften, eher denn als substanzreiche locale Verdickungen dieser Fibrillen. Ihre Substanz erweist sich durch die Farbenreactionen deutlich als Proteinsubstanz" (eiweißartige Substanz). Herr Schmitz ist geneigt, auch diese Mikrosomen als essentielle Glieder des lebendigen Protoplasmaleibes anzusehen und nicht etwa als secundäre Producte desselben, etwa wie Stärkekörner oder Öltröpfchen. Nach ihm fehlen diese Körnchen selbst dem klaren Hautplasma keineswegs vollständig, und er findet deßhalb dieses nur insofern von dem Körnerplasma verschieden, als es frei von *größeren* körnigen Einschlüssen ist und bloß eine ganz feine Punktirung hat, während letzteres gewöhnlich zahlreiche große Körnereinschiebsel und meist eine derbere Punktirung oder auch netzförmige Zeichnung wahrnehmen läßt. Im Hinblick auf die

Ergebnisse seiner Studien glaubt Herr Schmitz „das Vorhandensein eines wirklich structurlosen homogenen Protoplasma's in lebensthätigen Pflanzenzellen überhaupt bezweifeln zu dürfen“ [1].

Nach Fixirung dieser Thatsachen, die eine massige Gliederung, einen mannigfaltig differenzirten Ausbau des festen Protoplasma's, eine wirkliche Organisation außer Zweifel stellen, hat die weitere Frage, ob auch die Molekelaneinanderlagerung oder die tiefere und noch feinere Zusammenfügung der einzelnen Stoffpartikeln Organisation verrathe, nicht mehr so hohe principielle Bedeutung. Freilich bevor man diese Thatsachen aufgefunden hatte, sah man sich genöthigt, die eigenthümliche feinere Organisation des Protoplasma's, zu deren Annahme man schon längst durch viele Erscheinungen hingeführt wurde, ausschließlich in die eigenartige Molekelverkettung seines Stoffes zu verlegen. Da jedoch eine kurze Discussion auch dieser schwierigen Frage dem Zwecke unserer Arbeit nur förderlich sein kann, wollen wir die Hauptmomente derselben kurz in Erwägung ziehen.

Quellung. Jedem lebenden Stoffe, gehöre er einem Thiere an oder einem Pflanzengewächse, kommt Imbibitions- oder Quellungsfähigkeit zu. Vermöge dieser Eigenschaft kann er bis zu einem Grenzwerthe, der für die verschiedenen Stoffarten ein wechselnder ist, Wasser zwischen seine kleinsten Theilchen hineinsaugen und mit mehr oder weniger Zähigkeit darin festhalten. Die Theilchen werden durch das aufgenommene Wasser auseinandergetrieben und das Volumen der ganzen Masse vergrößert. Der Stoff nimmt hiermit einen Zustand von besonderer Weichheit und Plasticität an, wodurch er für die dem lebendigen Stoffe unerläßliche Beweglichkeit und Verschiebbarkeit in hohem Grade qualificirt wird. Gleichzeitig trägt diese Imbibition oder Quellung aber auch eine tausendarmige, überallhin communicirende Kanalisation in den lebendigen Stoff hinein, welche die zum beständigen Stoffwechsel so nöthige Circulation der Substanzen durch den ganzen Organismus vermittelt. „Eine lebende Zelle ohne diese Imbibitions- und Quellungsfähigkeit ist undenk-

[1] Der einzige Fall, in dem er noch über die Gegenwart einer bestimmten Structur unentschieden bleibt, ist das Protoplasma ruhender Zellen von Sporen und Samen, weil seine bisherigen Untersuchungen über deren genauere Organisation unvollständig geblieben seien. „Allein jedenfalls geht auch das Protoplasma solcher Zellen, mag es nun direct eine feine Structur erkennen lassen oder nicht, aus deutlich organisirtem Protoplasma hervor und bildet sich bei der Keimung wieder in solches um. Darum dürfte es wohl auch keinenfalls, selbst wenn es ganz homogen erscheint, structurlos genannt werden.“

bar."[1] — Auf der anderen Seite scheint diese Fähigkeit dem unorganischen Stoffe ganz und gar abzugehen. Entweder nimmt dieser das Wasser gar nicht auf, wie z. B. ein Stück Glas oder ein Quarzkrystall, oder er saugt es nur in präexistirende feinste Hohlräume ein, wie etwa ein poröser Thonziegel, oder, wenn pulverig, vermengt er sich mit Wasser zu einem zusammenhangslosen Brei, wie dieses der gepulverte Lehm thut, oder endlich löst er, sofern ihm genügende Wassermengen zu Gebote stehen, in diesen sich auf, wie ein Stück Zucker in einer Tasse voll Wasser zergeht. Es gibt nun wohl auch eine beschränkte Zahl von Stoffen, welche mit Wasser eine weiche, plastische Gallerte bilden, die mit dem imbibirten Protoplasma äußerlich die größte Ähnlichkeit zeigt. Dieses thun einmal mehrere aus dem Thier- und Pflanzenreich abstammende organische Substanzen, Leim, Tragantgummi, das Lichenin des isländischen Mooses u. a. m., ganz besonders aber das Lecithin (S. 63), ein für den Lebensproceß sehr wichtiger und in Pflanzen wie Thieren allgemein verbreiteter Stoff, und die merkwürdigen Eiweißkrystalle, von denen später noch die Rede sein wird, dann auch künstlich erzeugte organische Verbindungen, z. B. die Acrylcolloide und das Chlorhydrinimid und endlich selbst anorganische Stoffe, so die aus Silicaten durch Säuren ausgeschiedene Kieselsäure und das frisch gefällte Eisenoxydhydrat. Es ist nun aber erstens sehr fraglich, ob dieses Gelatiniren der Erscheinung des Quellens lebendiger Stoffe an die Seite gestellt werden dürfe; jedenfalls fehlt dafür jeder Beweis[2]. Aus diesem Grunde halten wir es

[1] Pfeffer a. a. O. Bd. 1, S. 10.

[2] Eine bessere Unterscheidung zwischen rein colloidalen und wirklich quellungsfähigen Substanzen wäre deßhalb sehr zu wünschen. Graham, der zuerst den Begriff von „Colloid-Substanzen" aufstellte, verstand darunter solche, die überaus schwer durch thierische Membranen diffundiren und deren Bestreben zu krystallisiren gleich Null oder doch höchst schwach ist. Er stellte sie den „Krystalloid-Substanzen" gegenüber, die ebenso leicht diffundiren als krystallisiren. Einige der Colloid-Substanzen werden mit Wasser nur gallertartig oder gelatinös, was nach Strasburger nicht dasselbe ist wie gequollen. Alle anorganischen Colloide sind nach diesem Forscher nur gallertartig. „Die Colloide aber, die zum Aufbau der organisirten Körper verwendet werden, sind quellungsfähig; in dieser Eigenschaft unterscheiden sie sich von den meisten anderen organischen nicht in den Aufbau der Organismen eingehenden und den sämmtlichen anorganischen Colloiden." (Zellhäute, S. 219 und 220.) Die Abtheilung der Colloide würde demnach in zwei Unterabtheilungen zerfallen: in Colloide, die „quellen", und Colloide, die „gelatiniren", d. h. solche, die bei ihrer Bildung je nach Umständen größere oder geringere Mengen von Wasser aufnehmen, ohne das Volumen innerhalb bestimmter Grenzen zu verändern, wie jene es thun. Auch hat Strasburger für die gelatinirende

für sehr voreilig, wenn Pfeffer die gelatinirenden Stoffe mir nichts dir nichts zu den „organisirten" rechnet, weil sie auch quellungsfähig seien[1]. Zweitens liegt sodann, auch wenn wir beide Erscheinungen für identisch gelten lassen wollten, doch darum eine große Kluft zwischen beiden Klassen von Substanzen, weil der factisch gallertartige Zustand unter den Substanzen, welche keine Bestandtheile des lebendigen Organismus bilden, nur ausnahmsweise vorkommt und dort, wo er sich findet, immer nur einen rein accidentellen Zustand darstellt, der von dem Leim, dem Eisenoxydhydrat u. s. w. keineswegs angestrebt wird. Wohl aber wird die thatsächliche Quellung von jedem pflanzlichen und thierischen Organismus angestrebt und gehört sie wesentlich zu dem lebensthätigen Stoffe. Mit ihr erlischt thatsächlich auch immer die Lebensthätigkeit, ja wenn sie längere Zeit unterbrochen wird, auch die Lebensfähigkeit selbst (S. 61).

Micellarhypothese Nägeli's. — Die Erscheinungen der Quellung bildeten nun den Ausgangspunkt und die positive Grundlage, von der aus man hoffte, zu einer Erklärung der eigenthümlichen tieferen Structur des Stoffes in den Organismen zu gelangen. C. von Nägeli war der erste, der es verstand, eine Hypothese darauf zu bauen, die bis heute allgemeinen Beifall fand. Wenn wir dieselbe näher prüfen, werden wir jedoch bald finden, wie wenig sie geeignet ist, die Kluft zwischen lebendigem, quellungsfähigem Stoff und anorganischer Materie zu verengen oder gar zu schließen, da sie vielmehr dazu angethan ist, deren Weite zu klarerem Bewußtsein zu bringen. Das Wesentliche dieser Hypothese läßt sich auf Nachstehendes zurückführen[2].

Die nächsten Bausteine des organisirten Stoffes sind die „Micellen" oder „Tagmen" — daher der Name „Micellarhypothese" —. Diese Micellen sind nicht kleinste Stofftheilchen im chemischen oder physikalischen Sinne, also nicht die Atome oder Molekeln, sondern die kleinsten Stofftheilchen im physiologischen Sinne und als solche Aggregate einer höheren Ordnung.

Gerade wie die Molekeln der Chemiker individualisirte Verbände

Kieselsäure bewiesen, daß sie, wenn sie durch Druck oder Verdunstung ihr Wasser verloren, dasselbe nicht wieder aufnimmt.

[1] Pfeffer a. a. O. S. 13. — Derselben Meinung ist auch Strasburger, wenn er gegen Pfeffer ausdrücklich hervorhebt: „Für mich sind organisirt und begrenzt quellungsfähig durchaus verschiedene Begriffe." A. a. O. S. 218.

[2] Ebendaselbst S. 12 ff. Nägeli stützte seine Hypothese außerdem noch auf die von ihm beobachtete Structur der Stärkekörner, auf die Fähigkeit der Stärkekörner und der Zellhäute, das Licht doppelt zu brechen.

von Atomen darstellen, so bilden die Micellen bald größere, bald kleinere Gesellschaften von gleichartigen oder verschiedenen Molekeln. Gewöhnlich stellt man sie, als Ganzes genommen, sich als winzige polyedrische oder „krystallinische" Partikeln vor, die, ähnlich wie ein Krystall, „bei der Zertrümmerung in jedem Fragmente ihre charakteristischen Eigenschaften bewahren und solche auch durch Vergrößerung nicht einbüßen". Die Structur des organisirten Stoffes gliche also einer Mosaik, zusammengesetzt aus kleinen, weit jenseits der Grenze mikroskopischer Wahrnehmbarkeit liegenden Theilchen. Die Micellen können in einem getrockneten Körper bis zur Berührung sich nähern, werden aber durch eindringendes Wasser wie durch einen Keil auseinandergetrieben, indem zwischen Wasser und Micellen mächtigere Anziehungskräfte wirksam sind, als zwischen den Micellen untereinander. So umkleidet sich jedes Micell mit einer Wasserhülle oder in den lebendigen Stoffen vielmehr mit einer wässerigen Lösung sehr verschiedener Substanzen. Zu einer Verflüssigung der Micellen kann es nicht kommen, weil die Anziehung zum Wasser in einem schneller wachsenden Verhältnisse abnimmt als die Anziehung der Micellen unter sich, und so, nachdem die Wasserhüllen eine gewisse Dicke erreicht haben, ein Gleichgewichtszustand, die Grenze der Quellung, eintritt.

Dieses die allgemeine Form der Micellarhypothese, die, wie man sieht, sich enge an die Molekel- und Atomtheorie der Chemiker anschmiegt und eine doppelte Art von Cohäsion in der organisirten Substanz spielen läßt: die eine verbindet die Molekeln zu Micellen, in gleicher Weise, wie die Molekeln sonst zusammentreten, um einen Krystall zu bilden; die andere vereinigt die Micellen. Es kann nicht in Abrede gestellt werden, daß sie, obwohl rein hypothetischer Natur und auf unsicheren Voraussetzungen ruhend, doch für die quellungsfähigen Stoffe eine präcise und klare Vorstellung bietet und so einen faß- und brauchbaren Standpunkt für deren weitere experimentell-theoretische Erforschung schafft, sowie daß sie manche Erscheinungen an organisirten Stoffen einfacher und concreter als bisher interpretiren läßt. Insofern war sie gewiß nicht ohne allen Werth. Bei ihrer Anwendung auf viele einzelne factische Verhältnisse in den Zellen stößt man jedoch auf unübersteigliche Schwierigkeiten. Um mehreren Beobachtungen gerecht zu werden, sah man sich zunächst zur Annahme gezwungen, daß die Micellen eines und desselben Stoffes nicht immer gleich groß seien und daß, wie in den Stärkekörnern, so wohl auch in allen organisirten Stoffen die Micellen der centralen Massen viel geringeres Volumen besitzen als in den äußeren Schichten. Die Berechnung

ergab z. B., daß die einzelnen Micellen des Stärkekornes in letzteren tausendmal größer seien als in den centralen Theilen. Woher nun diese Verschiedenheit gleichartiger Micellen? — Die Micellen sind ferner in dem einen Falle Aggregate aus gleichen Molekeln, in dem andern aber Combinationen verschiedener Molekeln, und dieses wieder mit den mannigfaltigsten Variationen, jedoch jedesmal entsprechend den stofflichen Functionen, welche sie in der Zelle auszuführen haben. Wer bestimmt nun diese zweckmäßige Vergesellschaftung? Gewiß nicht die chemische Verwandtschaft und Werthigkeit der Atome, auch nicht die physikalische Molekularattraction und noch weniger der allgemeine stets gleich wirkende Massendruck oder die exclusiv einseitig arbeitende Krystallisationskraft. — Es treten sodann weiter hier substanziell gleichartige Micellen zur organisirten Stoffbildung zusammen, dort aber substanziell verschiedene in wechselnder Combination. Wer leitet hier den so richtig und passend erfolgenden Zusammentritt? Wir sehen hieraus, wie die hypothetische Erklärung des Räthsels, wenn man der Sache auf den Grund geht, das Räthsel nur eine Etappe tiefer legt. Um die Organisation des Zellleibes zu erklären, versteckt man die Organisation in die unerklärliche Constitution der Micellen von sehr fraglicher Existenz. Denn zufällig sind doch wohl alle diese Combinationsverhältnisse in den Micellen nicht. Gesetzmäßig, wohlgeordnet und sicheren Schrittes treten sie immer so zusammen, wie das gemeinsame Zellenziel, d. i. die Verwirklichung der vielfachen, harmonisch verschlungenen chemischen, physikalischen und mechanischen Bewegungen der Zelle es verlangt. Dieses besagt aber nichts Anderes als Organisation. Zur Erklärung dieses Cardinalpunktes reicht weder die Micellarhypothese aus, noch irgend eine andere, welche in der Organisation nichts Anderes als eine mechanisch-physikalische Combination von Molekeln erblickt. Das Determinirende des planmäßigen Stoffausbaues liegt offenbar nicht in den einzelnen Stofftheilchen, sondern über denselben.

Es hatte indessen die Micellarhypothese durch die Entdeckung einer massigen Organisation, die wir oben der Hauptsache nach geschildert haben, an der Bedeutung um Vieles verloren, die man ihr vordem zutraute. Hoffte man ja aus ihr die gesammte Organisation der Zelle ableiten und durch die krystallähnlichen Micellen das Wesen der Organisation auf die Krystallisation zurückführen zu können. Wir werden im polemischen Theile unserer Arbeit diesen verfänglichen Punkt wieder aufzunehmen Gelegenheit haben.

Der Molekularbau organisirter Gebilde nach Stras-

burger. — Schlimmer noch ist das Verhängniß, das der annoch allgemein herrschenden Micellenhypothese aus den neuesten Arbeiten Strasburgers erwachsen wird. Diese gehen schnurgerade darauf aus, alle ihre Fundamente zu untergraben. Hatte Nägeli seinen Micellarbau auf die Thatsache der Quellung und der Doppelbrechung organisirter Gewebe, auf die Schichten und Streifen der Stärkekörner und der Zellhäute gegründet, so weist jetzt Strasburger durch eine Reihe von Beobachtungen nach, wie diese Fundamentalerscheinungen den Micellen so wenig günstig sind, daß sie vielmehr gegen dieselben sprechen. Er erklärt somit die Hypothese Nägeli's für „hinfällig" und gelangt, nach neuen Grundlagen für eine Erklärung des Baues organisirter Körper auf dem Gebiete der Chemie und Physik sich umsehend, zu seinem neuen „Molekularbau organisirter Gebilde" [1].

Die Quellungserscheinungen dienen auch ihm zum Ausgangspunkte. In engerem Anschlusse aber als Nägeli an die dermaligen Ansichten der Chemiker und Physiker über Atome und Molekel, über Atom- und Molekelverbindungen entscheidet er sich erstens zu Gunsten jener Hypothese, welche alle Colloide aus größeren, eigenthümlich zusammenhängenden Molekelaggregaten bestehen läßt, die wegen ihres bedeutenden Umfangs den Colloiden die Fähigkeit benehmen, zu diffundiren. Diese eigenthümliche Verkettung der einzelnen Molekeln zu colloidalen Molekelaggregaten läßt er dann zweitens durch Atome bewerkstelligen, die in ihrer „Mehrwerthigkeit" [2], vielarmigen Polypen gleich, die verknüpfenden Hände verschiedenen Molekeln anbieten. „Diese Annahme hat," wie Herr Strasburger gewiß richtig dafürhält, „vor derjenigen einfacher Molekularadditionen den Vorzug, weil sie die mehrwerthigen Atome zu netzförmiger Verknüpfung der Molekeln verwerthen kann und so einen molekularen Bau ergibt, der eine einheitliche Erklärung vieler an Colloiden beobachteten Erscheinungen zuläßt." In dieser sehr einfachen Doppelannahme [3], die sich in

[1] Bau und Wachsthum der Zellhäute. S. 216 ff.

[2] Unter „Werthigkeit" versteht der Chemiker die Größe des chemischen Bindevermögens der Atome. Ein Atom gilt für „einwerthig", wenn es nur ein Atom des Wasserstoffs oder irgend eines anderen diesem gleichwerthigen Elementes binden kann; vermag es aber mehrere Atome dieser Elemente zu binden, dann ist es „mehrwerthig".

[3] Herr Strasburger adoptirt hiermit, wie er selbst betont, nur eine Ansicht, welche Herr Prof. Kekulé schon 1878 („Die wissenschaftlichen Ziele und Leistungen der Chemie", S. 22) klar ausgesprochen hat. Auch Herr F. v. Höhnel kommt in seiner Arbeit „Zur Mechanik vegetabilischer Zellenmembranen" (vgl. Naturforscher 1882, S. 451) zu ganz ähnlichen Resultaten, wie Herr Strasburger.

ihrer bisherigen allgemeinen Fassung auf alle gelatinirenden und quellbaren Substanzen bezieht, wurzelt auch der ganze Bauplan für die organisirten Gebilde. Überaus bildsam und anpassungsfähig gestattet sie einentheils alle diese Substanzen unter einem einheitlichen Gesichtspunkte zusammenzufassen und kann sie anderentheils so verschiedene besondere Ausgestaltungen annehmen, daß sie auch auf specifisch verschiedene Erscheinungen eine Anwendung erlaubt. Dieß wird nachstehende Entwicklung des obersten Bauprincipes lehren, die wir zum größten Theil wörtlich den Ausführungen Strasburgers entnehmen.

Die netzförmige Verkettung der Molekeln ergibt elastische und unelastische und dementsprechend quellungsfähige oder nicht quellungsfähige Massen, je nachdem die Molekeln innerhalb ihrer Gleichgewichtslage verschiebbar sind oder nicht. Die Maschen des Netzes sind mit Wasser gefüllt. Von der Größe der Maschen hängt die Menge des vorhandenen Wassers ab, soweit nicht durch die Kraft der Imbibition die Molekeln auseinandergedrängt werden können, d. h. Quellung eintritt. Die Quellung ist nur intermolekulare Capillarität, Capillarattraction innerhalb der intermolekularen Maschen. Es fällt also die Kraft der Imbibition mit derjenigen der Capillaranziehung zusammen, welche bei dem geringen Durchmesser der Maschen sehr hohe Werthe annehmen muß. Die in die intermolekularen Maschenräume eindringenden Wassermolekel müssen die Molekeln des Maschennetzes, die wir Substanzmolekeln nennen wollen, auseinanderdrängen und somit eine Arbeit leisten. Die Größe dieser Arbeit wird durch die Größe des Elasticitätswiderstandes gemessen, welchen die quellungsfähige Substanz dem Eindringen entgegensetzt. Der Elasticitätswiderstand selbst wieder wäre durch die Größe der Affinität der Atome bestimmt, welche die Netzstructur bedingen. Die geleistete Arbeit bewirkt eine Abnahme des Wärmevorrathes der Wassertheilchen, während andererseits eine gewisse Anzahl von Wassermolekeln in einen mehr oder weniger starren Zustand übergeht in Folge der starken Anziehung von Seite der Substanzmolekeln, wodurch Wärme erzeugt wird. Diese freigemachte Wärme überwiegt aber, gemäß den positiven Erfahrungen, die Menge der Wärme, die durch das Auseinanderdrängen der Substanzmolekeln gebunden wird. — Außer diesem Quellungswasser oder dem *intermolekularen Capillarwasser* ist in der organisirten Substanz stets noch jenes vorhanden, welches die anatomischen Hohlräume erfüllt, und das als *interstitiales Capillarwasser* bezeichnet wird. — Andere Kräfte sind es also, welche die Substanzmolekel im Netze zusammenhalten, und andere,

welche die Wassermolekeln in den Maschen des Netzes festhalten. Die Substanzmolekeln werden durch die chemische Affinität aneinandergekettet, die Wassermolekel durch capillare Anziehung in die Maschen hineingezogen und darin zurückgehalten. In der Quellung stehen sich somit zwei verschiedene Kräfte gegenüber, die Affinität, die die Substanzmolekeln verbindet, und die capillare Anziehung dieser zum Wasser. Letztere Kraft ist für das Maximum der Quellung maßgebend. Es tritt ein, wenn die Affinität und die capillare Anziehung im Gleichgewicht sind. — Überwiegt die capillare Anziehung über die Affinität der Substanzmolekeln, so wird das molekulare Netzwerk zersprengt; es tritt Lösung ein, in welcher Ketten- und Maschentheile des Netzes vertheilt sein werden. Daher das opalisirende Aussehen solcher Colloidlösungen, daher die Erscheinung, daß sie „Fäden ziehen" und nicht durch Membranen gehen. Soviel über die Quellung im Allgemeinen.

Die lebendigen Colloidmassen unterscheiden sich nach Strasburger[1] von den leblosen zunächst darin, daß die Bindung des Maschennetzes jener in höchstem Grade labil ist, dieser dagegen viel stabiler. Dann aber ist die ganze Structur des Maschennetzes in den lebendigen Colloiden eine ganz andere als in den leblosen, sie ist *organisirt* und ist nach ihm die hierdurch angedeutete feinere Bauart mit der Netzstructur der Colloide im Allgemeinen nicht gegeben. Es ist ihm bei Beobachtung der Quellungserscheinungen möglich gewesen, festzustellen, daß der anatomische Bau früher zerstört wird, als das molekulare Netzwerk. „Nach der Zerstörung der anatomischen Structur ist die Substanz desorganisirt, quillt aber noch weiter."[2] — Organisirt ist demnach für ihn ein Colloid erst dann, „wenn es eine *durch die specifische Thätigkeit des Organismus* bedingte Structur besitzt. Somit sind die Stärkekörner organisirt, nicht die Eiweißkrystalle[3], deren Bildung unter die allgemeinen Gesetze der Krystallisation fällt, und daher auch außerhalb des Organismus erfolgen kann"[4]. Wie in den ebenfalls quellungsfähigen Eiweißkrystallen die Molekeln und die aus ihnen gebildeten Maschennetze durch

[1] Er leitet auch die Unterschiede zwischen gelatinirenden und quellenden Colloiden aus seiner Hypothese ab. Wir übergehen sie jedoch, da sie zum Zwecke dieser Schrift nicht direct verwerthbar sind.

[2] A. a. O. S. 228.

[3] Wir werden dieses krystallisirte Eiweiß im zweiten Theile ausführlich besprechen, weil an ihm die Gegner eines Lebensprincips einen festen Halt zu finden wähnten.

[4] A. a. O. S. 218.

die Krystallisationskräfte eine bestimmte Gestalt und Orientirung bekommen, so erhalten die organisirten Colloide „unter dem Einfluß organisirender Kräfte" ihre eigenartige anatomische Bauart.

Für das lebende Protoplasma, „das in vielen seiner Eigenschaften von allen übrigen Colloiden abweicht", entwirft Strasburger folgenden Bauriß. „Zunächst haben wir die sichtbare anatomische Structur, die eine netzförmige ist. An der Peripherie des Plasmakörpers obliteriren (verschmelzen) die Maschen des Netzes und erfährt die Substanz eine chemische Veränderung. Einerseits mit einem Colloid übereinstimmend, nähert sich dann das Protoplasma andererseits einer Flüssigkeit mehr als andere Colloide, denn es neigt in endlicher Gleichgewichtslage dazu, Kugelform anzunehmen. Seinem Aggregatzustande nach gehört das Protoplasma somit zu den halbflüssigen Körpern, von welchen Pfaundler annimmt, sie seien gemischt aus festen Molekelgruppen mit flüssigen, d. i. fortschreitend bewegten Molekeln, die mit den festen fortwährend ihre Stelle wechseln. Der hypothetisch angenommene Netzbau der Colloide wird hierdurch beim Protoplasma äußerst labil, indem ununterbrochen alle Bindungen zwischen den Molekeln aufgehoben werden, neue sich bilden und so fort und fort andere Molekelmassen mit einander in Zusammenhang treten. Die stetig wirksamen Dissociations- und Regenerationsprozesse machen das Zustandekommen eines stabilen Gleichgewichtes unmöglich. Wie denn Pflüger zuerst die lebende Materie als nicht bloß erstaunlich zersetzbar, sondern auch als sich immerfort zersetzend erkannte." [1] Der Leser wird hieraus entnehmen, wie sehr das Bewegungsbild, welches wir oben vom Protoplasma vorgelegt haben, durch diese Auffassung seines Aggregatzustandes an Lebendigkeit noch gewinnt.

So die Grundlinien des Molekularbaues organisirter Stoffe im Sinne des Herrn Strasburger. Steht derselbe zwar ebenfalls auf mehrfach hypothetischen Füßen, wie dieses der Auctor ausdrücklich hervorhebt, so ist er doch der Micellenhypothese Nägeli's aus vielen Gründen entschieden vorzuziehen. Dieses für's Erste schon darum, weil er von einfacheren, durch die Chemie und Physik besser gestützten Voraussetzungen ausgeht und den an lebendigen Substanzen gemachten Beobachtungen ganz natürlich und unschwer sich anpaßt. Er läßt nicht nur im Allgemeinen das für die lebenden Colloidsubstanzen charakteristische einheitliche

[1] A. a. O. S. 232.

Zusammenwirken größerer Massen leichter begreifen, sondern steht auch mit den einzelnen in dem Zellprotoplasma sich abwickelnden chemischen, physikalischen und mechanischen Bewegungen in besserem Einklang. — Die Maschennetze im Molekulargefüge stehen dann in schönster Harmonie einerseits zu der anatomischen und morphologischen Massenstructur des Protoplasma's und andererseits zu der Atomstruktur der organischen Einzelmolekeln. Denn für jene steht heute (vgl. S. 70 ff.) die nach größerem Maßstabe ausgeführte Netz- und Maschenstructur außer Zweifel, für diese aber haben die Chemiker schon seit vielen Jahren die kettenförmige Verknüpfung der Kohlenstoffatome als sehr bezeichnend erklärt, wie jedes neuere Lehrbuch der organischen Chemie bezeugen kann. Es ist diese Übereinstimmung nach unserem Dafürhalten ein Moment, das sehr geeignet ist, die Molekelnetze Strasburgers zu empfehlen. — Eine noch gewichtigere Empfehlung erblicken wir schließlich darin, daß sie die Organisation nicht, wie die Micellen es thun, in den Bereich der Atom- und Molekelkräfte hinabziehen. Wir haben oben gesehen, daß Herr Strasburger zwischen Massennetzstructur und Organisation klar und scharf scheidet. Wenn er im weiteren Verlaufe der Diskussion seiner Hypothese sich ebenfalls in die heute allgemeine Richtung physikalischer Lebenserklärung verliert, wenn er in den „organisirenden Kräften" „keine dem Organismus specifisch eigenen Kräfte" statuirt wissen will, „sondern nur Combinationen von Kräften, wie sie außerhalb des Organismus nicht gegeben sind"[1], wenn er geneigt ist, „anzunehmen, daß Krystallisation und Organisation nicht qualitativ, sondern nur quantitativ verschieden sind, und daß die Vorgänge der Krystallisation sich auf dem Substrate activer Eiweißkörper zu Vorgängen der Organisation potenziren (!)", so haben diese dem Wesen der Organisation stracks zuwiderlaufenden Behauptungen mit der Annahme der molekularen Maschennetze Nichts zu schaffen. Während wir also diese herben Zuthaten hier einstweilen von uns weisen, um sie im zweiten Theile gründlich zu widerlegen, stehen wir nicht an, seine Erklärung des Molekularbaues durch Molekularnetze solange auch zur unserigen zu machen, bis eine bessere geboten sein wird.

Im Vorstehenden haben wir gesucht, einen summarischen klaren Überblick über die Organisation des Zellplasma's zu geben, soweit dieselbe bis jetzt experimentell festgestellt worden. Wenn eine solche durch

[1] A. a. O. S. 218.

die positive Erfahrung aber auch bis jetzt noch gar nicht nachgewiesen worden wäre, so würden dennoch die im ersten Abschnitte mitgetheilten Thatsachen über die Massen-, Molekel- und Atombewegung eine solche nothwendig verlangen. Ohne bestimmte Organisation werden zunächst die mechanischen Contractilitätsbewegungen des Protoplasma's nicht verständlich. Mit vollstem Rechte hat schon Herr Reinke dieses hervorgehoben[1]. „Wenn wir die Contractilitätsbewegung des Protoplasma's im rhythmischen Wechsel eintreten sehen, wenn durch sie mechanische Arbeit geleistet wird, wenn ihre Richtung ebenso gut gegen die als mit der Schwerkraft fallen kann, so kann in einem derartig contractilen Körper nicht ausschließlich ein molekularer Gleichgewichtszustand herrschen, wie in einer Flüssigkeit, die sich selbst überlassen einen Tropfen bildet. Es muß zum mindesten ein Theil der Substanz den festen Aggregatzustand besitzen, was immerhin mit einer so großen Verschiebbarkeit der Theilchen vereinbar ist, wie sie der contractile Zustand erfordert." Dann schließt er weiter: daß das Plastin im Verein mit anderen Substanzen als festes Netzgewebe das Flüssige der Zelle umspannend, durchziehend und aufsaugend, der eigentliche Träger der alternirenden Contractionen und Expansionen sei und in dieselben secundär auch die übrige Masse des Protoplasma's hineinziehe. Dieser Schluß scheint durch die thatsächliche Beobachtung (S. 70 und 71) von Zuckungsbewegungen an den Fibrillen des protoplasmatischen Netzgewebes denn auch positiv gestützt zu werden. — Ein gesondertes, festes, mechanisches Bewegungssystem aus Plastinfibrillen und Diaphragmen, oder auch aus einem anderen Substrate, ist für die Erklärung der wirklich constatirten Protoplasmabewegung nicht zu umgehen. Wenn in neuerer Zeit Herr Velten versucht hat, diese Bewegungen aus elektrischen Strömungen abzuleiten, so muß sein Unterfangen als ein mißglücktes betrachtet werden, nachdem Reinke seiner Hypothese den Boden unter den Füßen weggezogen hat[2]. Schon 1837 hatte Becquerel durch Experimente zu entscheiden gesucht, ob die Rotation der Plasmakörnchen in den Zellen der Characeengewächse nicht durch strömende Elektricität hervorgebracht werden könnte, und dabei ein negatives Resultat erzielt. Herr Reinke glaubte jedoch, dieser älteren Untersuchung nicht die erwünschte Zuverlässigkeit beimessen zu dürfen und stellte jüngst neue Versuche in derselben Absicht an. Indessen, auch er konnte nur

[1] Reinke, Studien. S. 96.

[2] Pflügers Archiv für Physiologie. 1882, Bd. 26. S. 139.

negative Ergebnisse erhalten. Dieses war der Fall nicht allein bei Charazellen, sondern auch bei verschiedenen anderen Arten, die er in den Kreis seiner Experimente zog. Deßhalb folgert er, daß circulirende Elektricitätsströme nicht nur die Plasmabewegungen nicht verursachen, sondern innerhalb lebender Pflanzenzellen überhaupt nicht existiren.

Auf eine Organisation noch verwickelterer Art, als diejenige ist, zu der die directe Beobachtung, die Quellung und die Contractilität führen, lassen die chemischen Vorgänge in der Zelle schließen. Werfen wir noch einmal einen Blick auf die Stoffmetamorphosen, auf welche wir oben (S. 29 ff.) hingewiesen haben. Wir sehen da, wie in der winzigen Protoplasmazelle zur selben Zeit verschiedenartige, darunter stracks entgegengesetzte Processe ungestört neben einander herlaufen: Oxydationen und Reductionen, hier Säurebildungen, dort Basen- und Amidproduction, dort die Entstehung neutraler Kohlenhydrate und dergleichen mehr. Dieß aber zwingt uns, consequenter Weise eine verschiedene chemische stoffliche Grundlage überall dort vorauszusetzen, wo verschiedene Umwandlungen sich vollziehen, weil diese ja nur mit Hilfe der specifischen, den Einzelstoffen innewohnenden chemischen Qualitäten zu Stande kommen. Wir sehen da ferner diese Metamorphosen nicht pêle mêle durcheinander irren, sondern constant, in bester Ordnung und nach einem einheitlichen Plane einherschreiten, nach *einem* Plane, der die ganze Zelle und das gesammte Reich des Lebendigen beherrscht. Es muß deßhalb auch die ungleichförmige Vertheilung der Stoffe im Protoplasma eine constante, geordnete, planmäßige sein. Dieses ist aber wiederum nichts anderes, als constante, höchst mannigfaltige morphologische Differenzirung der Substanz, eine Organisation der allerfeinsten Art. Fürwahr, wenn in höheren Thieren und Gewächsen die verschiedenen Lebensfunctionen auf ebenso viele wohl getrennte, mit Augen sichtbare Organe localisirt sind, wenn dort erst der Ernährung eine lange Reihe gesonderter Apparate dienen: die Mundhöhle mit ihren Kauwerkzeugen und Speicheldrüsen, der Schlund, die Speiseröhre, der Magen mit seiner Schleimhaut und den Labdrüsen, der Darm sammt der Leber, der Bauchspeicheldrüse, den Darmzoten und noch anderen kleineren Beigaben, das aufsaugende System von Chylus- und Lymphgefäßen und endlich das Blutcirculationssystem aus Herz, Arterien und Venen; wenn ebenso viele zur regressiven Stoffmetamorphose zusammen arbeiten; wenn wieder auf der einen Seite für die Aufnahme äußerer Reize viele Organe da sind, und auf der anderen für die Auslösung von Bewegungen: so legt dieses die Vermuthung nahe,

daß auch das Protoplasma, welches dieselben stofflichen Functionen ausführt, aber ohne fest localisirte und abgesonderte Resorptions-, Circulations- und Eductionswege ist und der Nerven und Muskeln entbehrt, durch eine feinere stoffliche Differenzirung den Abgang jener großartig angelegten Organisation ersetzt und durch sie befähigt wird, die verschiedenen Functionen getrennt hervorzurufen. Wir wissen ja überhaupt von allen an den Stoff gebundenen Lebensfunctionen, welche man bis auf ihr materielles Fundament analysiren konnte, daß stets mit der Qualität jener auch die Anlage in diesem sich ändert. Ein solcher Analogieschluß hat heute um so mehr Berechtigung, als die genaue chemische Untersuchung die Übereinstimmung der stofflichen Zusammensetzung des Protoplasma's mit derjenigen der hochorganisirten Thierkörper in viel helleres Licht gestellt hat und in ihm gerade jene Stoffe nachwies, welche zu den verschiedenen Functionen in den gesonderten Organen höherer Thiere in nothwendigem Causalnexus stehen. Wir haben deßhalb diese Übereinstimmung oben absichtlich eigens betont (S. 63 ff.). Zu ähnlichen Folgerungen sah sich denn auch Reinke bei Diskussion seiner Analyse veranlaßt, und vor ihm schon Professor Cohn[1]. Und wenn Professor von Hanstein im Hinblick auf die verwickelten Theilungsvorgänge der Pflanzenzellen sagt: „Es hängt die Form von der Verrichtung des Werkzeuges ab. Complicirte Maschinen thun feine Arbeit. An der Gliederung hängt die Vertheilung der Qualitäten, der Quellen und Angriffspunkte der Kräftewirkungen. Die Zertheilung der Gliederung eines Individuums zur Herrichtung von deren zwei dürfte die gleichlaufende Vertheilung der mütterlichen Fähigkeiten mitbedingen helfen. Die Anschauung, daß der Keim *jedes* organischen Neuwesens an sich schon ein organisirter, d. h. gegliederter, in sich differenzirter sein muß, gewinnt neue Stützpunkte"[2] — so kann diese Schlußfolgerung mutatis mutandis auch auf die chemischen und die anderen stofflichen Zellfunctionen mit Fug und Recht angewandt werden.

Sollte somit das eigentliche Körpergerüst eines Protoplasten der Substanz nach auch ganz gleichförmig sein, so muß es doch an verschiedenen Orten mit anderen und anderen Substanzen sich zusammenthun, um dadurch für jene verschiedenen Functionen sich zu disponiren, die es thatsächlich räumlich gesondert hervorruft und ausführt. Es muß außerdem

[1] Reinke, Studien. S. 121.

[2] Sitzungsberichte der niederrhein. Gesellschaft für Natur- und Heilkunde in Bonn. 1879, S. 162.

diese Anordnung sowohl hinsichtlich der in einem bestimmten Momente obwaltenden Zellausbildung, als auch, was die zeitliche Aufeinanderfolge der gestaltlichen Veränderungen betrifft, ebenso weise, harmonisch und einheitlich sein, wie die simultane und successive Entfaltung der mancherlei Lebensthätigkeiten von der Entstehung der Zelle an bis zu ihrem Tode es thatsächlich ist.

Differenzirung des Zellkernes.

Schon das scheinbar ganz gleichförmige Protoplasma trägt in sich eine reiche mehrfache Organisation. Dieß ist die Überzeugung, zu der das Bisherige uns geführt hat. Sollte es nun wahr sein, was zu glauben gewiß nicht grundlos wäre (S. 21 ff.), daß zu jeder Zelle ein Kern gehöre, so würde schon durch diesen Umstand allein die Organisation der allerniedrigsten Lebewesen ganz bedeutend an innerer und äußerer Vervollkommnung gewinnen. Ob die Grundsubstanz des Zellkernes mit derjenigen des Protoplasma's übereinstimme oder nicht, darüber sind die Ansichten der Fachmänner zur Zeit noch getheilt. Dagegen ist außer der Differenzirung des Zellkernes in Kernmasse und Kernkörperchen (Nucleolus) eine andere Art sehr ausgesprochener innerer Gliederung durch Fromann, Schmitz, Strasburger und andere sicher erkannt worden, eine Gliederung, welche jene des Plastingerüstes im Zellenplasma noch übertreffen dürfte. Wir wollen uns jedoch auf deren nähere Details nicht einlassen[1]. — Im Hinblick auf viele Thatsachen kann man daran nicht zweifeln, daß diesem so scharf ausgesonderten, durch seine Lage und stoffliche Ausbildung so ausgezeichneten Gliede auch ein specieller hervorragender Antheil an den Vorgängen des Zelllebens zufalle. Das wird allgemein anerkannt. Welcher Art derselbe in concreto sei, läßt sich heute vielleicht wohl im Allgemeinen vermuthen, aber nicht genau bestimmen. Während die einen Forscher ihm das besondere Geschäft übertragen wollen, die Zelltheilung und überhaupt die Zellbildung zu leiten, sind andere selbst geneigt, in ihm ein Centralorgan zu erblicken für die gesammte Lebensthätigkeit der Zelle, analog dem Gehirn im zusammengesetzten Thierorganismus, — Perceptionsfähigkeit und die Determination zu spontaner Bewegung darf ihm in diesem Falle nie zuerkannt werden. Wieder andere wollen von einem so universalen

[1] Man vergleiche: Sitzungsbericht der niederrhein. Gesellschaft für Natur- und Heilkunde. 1880, S. 175—198.

Einflusse des Nucleus sammt Nucleolus auf das Zellleben nichts wissen; sie halten mit Strasburger (S. 22) den Kern vielmehr für ein particuläres Organ irgend einer wichtigen besonderen Lebensfunction. So stellte Herr Schmitz eine Hypothese auf, derzufolge der Kern die Neubildung der „specifischen Plasmasubstanz" zu besorgen hätte, aus der nach seiner Meinung sowohl der Zellkern als auch das Plasmagerüste besteht [1].

Differenzirung der Zellhaut.

Wieder eine weitere Vervollkommnung gewinnt die Zellenorganisation durch die Zellhaut. Von ihr ist es gewiß, daß sie trotz ihrer großen Verbreitung nicht zu den wesentlichen Gebilden des Protoplasten gehört. Nichtsdestoweniger wollen wir ihr aus dem Grunde noch einige Aufmerksamkeit schenken, weil die jüngsten Zellstudien ihre Entstehung in einem ganz anderen Lichte als früher erscheinen lassen und manche für uns wichtige Aufklärung über die Gestaltungsthätigkeit des Protoplasten zu geben im Stande sind. Die feineren Details einer inneren Differenzirung der Zellhaut selbst, welche man beobachtet hat [2], werden wir jedoch auch hier bei Seite lassen, und nur die Haut als Ganzes in's Auge fassen. — Durch die Ausgestaltung einer besonderen Zellumhüllung verleiht der Protoplast seiner Individualität einen prägnanteren Ausdruck und versinnlicht schon durch seinen äußeren Bau, daß das Stoffaggregat der Zelle ein in sich und nach Außen hin abgeschlossenes Ganzes ist. Ein Charakterzug, der in jedem lebendigen Körper, in dem einzelligen wie in dem vielzelligen, in gleicher Weise wesentlich vorhanden ist, in den hautlosen Zellen aber stofflich und morphologisch nicht so klar ausgeprägt wird, sondern nur in der Verkettung der Lebensfunctionen klar und unübersehbar zu Tage tritt. Während die chemische und morphologische Differenzirung des Protoplasma's mehr das Auseinandergehen des Zellganzen in verschiedene Theile zum Ausdruck bringt, sinnbildet die Anlage der Zellhaut und der centrale Zellkern die Kehrseite davon, nämlich die Einigung des Verschiedenen zu einem und demselben Lebewesen; beides liegt wesentlich im

[1] Sitzungsbericht der niederrhein. Gesellschaft für Natur- und Heilkunde. 1880, S. 191. In seinem neuesten Werke: „Über den Bau und das Wachsthum der Zellhäute" (1882, S. 241 ff.) vertritt Prof. Strasburger eben diese Ansicht über die specielle Aufgabe des Zellkernes und behauptet, durch seine eigenen Beobachtungen ebenfalls zu ihr hingeführt worden zu sein.

[2] Pfeffer a. a. O. Bd. 1. S. 17 und vor Allem Strasburger in dem eben angegebenen Werke.

Begriff der Organisation. — In den Stoffgebilden des anorganischen Reiches suchen wir ein der Zellhaut analoges Structurelement vergebens; es paßt aber auch nicht zu denselben; denn sie bilden als Aggregate keine individualisirten Massen (S. 17). Bis vor Kurzem schlossen sich fast alle Pflanzenphysiologen den Ansichten Nägeli's über die Bildung der Zellhäute an. Diesen zu Folge würde „die Zellmembrane an der Oberfläche des Protoplasmakörpers zunächst als Lösung ausgeschieden werden und dann zu einem dünnen Häutchen sich organisiren. Dieses wächst alsdann durch fortdauernde Ausscheidung zellhautbildender Substanz und Einlagerung derselben *zwischen* die Moleküle der bereits vorhandenen Haut in die Dicke und ebenso in die Fläche. In Folge dieses Dickenwachsthums durch *Intussusception* tritt dann in der verdickten Membran eine Differenzirung in Schichten von abwechselnd verschiedener Lichtbrechung hervor, so zwar, daß je in der Mitte einer dickeren Schichte eine weniger dicke Lamelle sich einschaltet". Dieser Auffassung, die keineswegs auf festen Füßen stand, stellte neulich Professor Schmitz seine positiven Beobachtungen gegenüber[1], durch die es ihm möglich gewesen, in *allen* jenen Fällen, in welchen er die Bildung und das Wachsthum der Zellwand zu verfolgen vermochte, „auf's Genaueste festzustellen", daß „die pflanzliche Zellenmembrane nicht das Produkt einer Sekretion ist, sondern durch einfache Substanzmetamorphose aus dem Protoplasma, durch directe Umwandlung des letzteren entstehe". Der Wachsthumsvorgang der Zellenmembrane aber erwies sich ihm in einer Reihe von Fällen als *eine Apposition* von neuer Zellwandsubstanz auf alte. Etwas später bewies dann auch Schimper für das Wachsthum der Stärkekörner, auf welche Nägeli seine Wachsthumshypothese vorzüglich applicirt hatte, daß es durch Apposition erfolge[2].

Im Einzelnen mögen noch folgende Bildungsdetails aus der interessanten Arbeit des Herrn Schmitz hier Erwähnung finden. Wenn das

[1] Sitzungsbericht der niederrh. Gesellschaft für Natur- und Heilkunde. 1880, S. 251 ff.

[2] Pfeffer a. a. O. Bd. 2. S. 53 in der Note. Gründlicher noch und allseitiger hat Herr Strasburger in seinem Werke: „Über den Bau und das Wachsthum der Zellhäute" das Appositionswachsthum bewiesen. Entschieden redet auch Herr von Höhnel der Apposition das Wort (Naturforscher 1882, S. 451 ff.). — Mit dem Wachsthum der Zellmembranen darf jedoch dasjenige des Protoplasma's nicht auf gleiche Stufe gesetzt werden. In diesem hängt die Volumenzunahme mit den chemischen Processen zusammen, die in *seinem Innern* sich abspielen. Wie diese erfolgt es an allen Stellen *im* Plasmaleibe und kann somit ganz richtig als Intussusceptionswachsthum bezeichnet werden. Vgl. Strasburger a. a. O. S. 233.

Protoplasma der Zelle in eine Haut sich hüllt, oder wenn bei der Zelltheilung innerhalb des Protoplasma's eine Zellhaut zu Stande kommt, wird immer zuerst aus der Plasmamasse selbst das Hautgebilde präformirt, sei es nun, daß der Plasmakörper bloß eine dichtere Schichte absondert, sei es, daß er die Mikrosomen schichtweise an der Bildungsstelle zusammenzieht; denn beides wurde wahrgenommen. Hierauf wird diese Schichte, die Anfangs vom Plasma nicht scharf geschieden ist, bald aber durch contrahirende Reagentien von ihm sich ablösen läßt, obgleich sie immer noch aus eiweißartigem Materiale besteht, stofflich in Zellfaserstoff oder Cellulose verwandelt. Indem sich nun in der Zelle dieser Vorgang wiederholt, werden die ersten dünnen Häutchen durch Anlagerung neuer Schichten gleichmäßig auf der Innenseite verstärkt und verdickt. Nicht immer geschieht indessen die Verdickung während der ganzen Bildungszeit auf allen Punkten gleichmäßig, und so entstehen dann die vielfach wechselnden Formen in der Gestaltung der Zellwand. Ganz besonders lehrreich sind jene Vorgänge partieller Verdickung, welche als Leisten und Rippen verschiedenster Art aus der Zellhaut hervortreten. An den Zellen der Samenschale von Torrenia Fournieri z. B., die an zwei gegenüberliegenden Längsseiten je eine Verdickungsleiste besitzen, beobachtete Herr Schmitz, daß in den jüngeren leistenlosen Zellen an besagten Stellen das der Zellwand anliegende Protoplasmahäutchen etwas dicker wird und zahlreiche Mikrosomen in ihm sich ansammeln. Dann tritt hier ein Strang einer dichteren, anscheinend homogenen Substanz auf, indem ein entsprechender Abschnitt des Protoplasma's unter Aufnahme der quellenden oder auch ganz gelösten Mikrosomen in jenen Strang sich verwandelt, welcher nun gegen färbende Reagentien sich etwas anders verhält als das Protoplasma selbst. Dieser Strang nimmt nun unter allmählichem Verbrauch der übrigen Mikrosomen an Dicke zu und läßt sich bald vom contrahirten Protoplasma abtrennen, ohne jedoch der Zellwand selbst schon fest anzuhaften. Erst etwas später bleibt er als längslaufende Verdickungsleiste solid mit derselben verwachsen. Noch interessanter liegt die Sache während der Entwicklung der Membrane, welche die Pollenkörner von Cobaea scandens umgibt und die, wie bei so vielen anderen Pollenzellen, auf der Außenseite durch wunderliche Skulpturen in erhabener Arbeit geziert wird. An der nackten, kugeligen Pollenzelle tritt nämlich zuerst eine dichtere, äußerste Protoplasmaschichte auf. Dann schieben sich Höcker aus der bisher glatten Außenfläche der Zelle vor; diese wachsen zu Zapfen aus; zwischen den Zapfen erheben sich Verbindungsleisten u. s. w., kurzum, es bildet die nackte, hautlose Zelle

an ihrer Außenseite alle jene Skulpturen, die später die Zellmembrane der reifen Zelle auszeichnen, vollständig aus, bevor die äußere dichtere Protoplasmaschichte in Zellhaut verwandelt wird.

Das hier vorliegende Phänomen der sogen. „centrifugalen Verdickung", d. i. der partiellen Verdickung der Zellhaut auf der Außenseite, war es gerade gewesen, welches Nägeli als ein wichtiges Beweismoment für seine Auffassung des Wachsthums der Haut durch Intussusception benutzt hatte. Obige Beobachtungen des Herrn Schmitz zeigen aber, daß hierbei eine „centrifugale Verdickung der Zellhaut" gar nicht vorkommt. Als geschickter, bildender Künstler gestaltet vielmehr der Protoplast in einem Theile seines Körpers alle jene Hautreliefs, welche mit constant wiederkehrendem Typus bei allen Zellen derselben Art sich vorfinden, fertig aus, bevor nur eine Spur eigentlicher Cellulosehaut da ist. Diese nimmt, wenn sie durch Metamorphose der Plasmaverdickung entsteht, einfach all die architektonische Ornamentik derselben in sich herüber, gerade wie wenn bei Krystallpseudomorphosen, während der molekularen stofflichen Umwandlung, die Gestalt des verdrängten Materials auf das verdrängende übertragen wird.

Wird nun auch durch diese Resultate einerseits die Lehre von der Intussusception im Sinne der bisher unter den Physiologen herrschenden Auffassung molekularen Wachsthums von Grund aus erschüttert[1], so stellen sie andererseits das Wachsthum durch Intussusception im Sinne der älteren Philosophen in vortheilhafteres Licht, in wiefern man nämlich mit diesen unter Intussusception die Herausbildung der organisirten Körperglieder aus der Substanz des lebenden Wesens und durch das lebende Wesen versteht. Man sieht ja in obigen Beispielen deutlich die Bildungen der Zellhaut vom Protoplasma ausgehen und von dem Protoplasten gewissermaßen mit eigener Hand auch ausgeführt werden und zwar aus der Substanz seines eigenen Leibes. Blicken wir aber weiter hin auf die hohe Mannigfaltigkeit und den Reichthum der Bautechnik, welche der Protoplast bei Gelegenheit dieser einfachen Operation der Zellwandverdickung auf dem ganzen Gebiete des Zellenwachsthums offenbart, blicken wir hin auf die zierlichen Schraubenleisten, die spiralig an der Zellwand sich winden, auf die als Tüpfel wohlbekannten Fensteröffnungen, auf all das Ring- und Gitterwerk innen und außen am Zellgehäuse, so

[1] Einen noch wuchtigeren Anprall erlitt die Nägeli'sche Intussusception durch die neuesten Mittheilungen Strasburgers in seinem mehrerwähnten Werke über den Bau der Zellhäute.

verräth sich darin eine wahrhaft staunenswerthe Erfindungsgabe und Kunstfertigkeit im architektonischen Genie des Protoplasten. „Die plastische Kunst des Protoplasma's," sagt Professor v. Hanstein, „ist schon in dieser Richtung unbegrenzt. Die menschliche Phantasie dürfte lange nach irgend einer Form von Quadern, Pfosten, Sparren, Brettern, Stangen, von Haken und Ankern, von Ballen, Säcken, Schläuchen und Röhren, von Gittern oder Netzen, von Geflecht und Getäfel, von Spitzen, Zacken und Vorsprüngen suchen, die nicht das kunstreiche geschäftige Protoplasma an irgend einem Orte der organischen Welt ausgeführt und passend verwendet hätte." [1]

Die Zellwandconstructionen können aber auch sehr schnell fertiggestellt werden. Man sah vollständig nackte Protoplasmazellen in 10 und 15 Minuten sich in Cellulosemembranen kleiden. Ja, Herr Strasburger vermochte den Protoplasten dadurch, daß er ihn durch Reagentien zum Zurückweichen von der Zellhaut zwang, zu einer zweimaligen Neubildung einer Membrane in kürzester Zeit zu veranlassen und ließ ihn so drei ineinander geschachtelte Membranen machen, während ihm doch eine einzige genügt hätte [2].

Es gibt sich endlich in der Bautechnik der Zellmembranen eine hohe planmäßige Berechnung kund. Wenn das Protoplasma die Wand nicht überall gleichmäßig ausbildet, wenn es hier constant eine sphärische, dort eine tonnenförmige, anderswo eine cylindrische oder schlauchförmige anstrebt; wenn es dann wieder die Haut hier glättet, dort mit Reliefarbeit versieht, und diese bald außen, bald innen anbringt; wenn es die Verdickung der primären Wand an den einen Stellen vornimmt, an den anderen unterläßt, und dieses in den verschiedenartigen Zellen in unterschiedlicher Weise ausführt, in derselben Zellenart aber stets auf dieselbe Weise: so ist gewiß das Alles wieder nicht das Spiel des Zufalls oder blinder Laune. Es geschieht vielmehr dieses Alles, wie die Beobachter einstimmig erklären, nur, um in jedem Falle geeignete Werkzeuge zu machen zur Hervorbringung specieller, für das gesammte Zellleben nöthiger Functionen. In Bezug auf diese erweist sich jede Verdickung und jedes Ornament an seinem rechten Platz, in richtiger Form und zweckdienlicher Stärke gebildet. Diese weise Planmäßigkeit muß uns aber um so wunderbarer vorkommen, als es sich bei diesen Ausgestaltungen nicht um die Herstellung eines bleibenden Mechanismus handelt, wie bei einer künstlichen Maschine, einer Uhr oder einem Dampfschiffe, sondern um die Er-

[1] Das Protoplasma. S. 59.

[2] Pfeffer a. a. O. Bd. 1 S. 287.

zeugung eines Mechanismus, der in stetiger stofflicher wie morphologischer Umwandlung begriffen ist und eine Reihe von verschiedenen Bildungsstadien durchläuft, deren einzelne Glieder nicht weniger zweckmäßig und wohlgeordnet aneinander sich schließen, als die den Gesammtorganismus in jedem Momente zusammensetzenden Theile.

Dritter Abschnitt.

Allgemeine Folgerungen.

Individualität und Theilbarkeit. — Die einfachste Pflanzenzelle ist — so haben es die bisherigen Erörterungen dargethan — stofflich, morphologisch und selbst anatomisch mehrfach gegliedert, zur selben Zeit aber auch ein einheitliches und in sich abgeschlossenes, ein vollendetes und sehr kunstreiches Bauwerk. Sie ist als Ganzes ein Individuum und nicht eine bloße Summe individualisirter Theile wie der Krystall oder überhaupt jedwede anorganische Masse (S. 58 und 86), welche sich ohne Änderung ihrer wesentlichen Eigenschaften trennen lassen und nach der Trennung wieder ruhig und zufrieden in ihrem Zustand verbleiben. Wenn ich dagegen die einfache Zelle theile, so können die Theile in diesem defecten Zustande nicht verharren, und es tritt dann immer eines von zwei Dingen ein. Entweder suchen sie sich schleunigst zum vollständigen Zellganzen wieder zu restauriren, oder, falls dieses nicht angeht, hören sie mit der Theilung auch auf, als lebendige Wesen weiter zu existiren und verfallen dem Tode. Viele Zellen sterben schon nach Verletzung oder auch nur nach der Zusammendrückung ihrer Zellstoffwand. Zu den seltenen Zellarten, die auch nach dem Zerschneiden sich ausheilen, gehört die durch besondere Lebensenergie ausgezeichnete einzellige, fadenförmige Alge Vaucheria. v. Hanstein hat an ihr folgende lehrreiche Beobachtung gemacht[1]. Wird ein Theil des Zellleibes abgetrennt, so zieht sich das dahinter liegende unzerstörte Protoplasma augenblicklich zusammen und sucht die Wandränder, soweit sie gesund geblieben, wieder aneinanderzufügen. Dieses gelingt bald leichter und schneller, bald langsamer und mit vielerlei Hindernissen. Verletzte Protoplasmatheile werden abgetrennt und oft in „wiederholten Explosionen" durch die Wundöffnung ausgestoßen. Haben die Ränder Fühlung genommen, so verschmelzen sie und streben darnach, sich in einer nach Außen hin gewölbten Curve zu

[1] Botanische Zeitung 1873, Nummer 44 und Naturforscher 1874, S. 16.

verfestigen. Ist diese Consolidirung gelungen, was schon nach Minuten und selbst nach Sekunden eintreten kann, so bildet sich eine scharfe Außengrenze und darauf eine neue Cellulosehaut, die seitlich der Innenfläche der alten Haut angefügt wird und mit ihr verschmilzt. Wenn man einen Vaucheriafaden gleichzeitig mehrfach zerschneidet oder zerdrückt, so schließt sich jedes lebendig gebliebene Stück nach beiden Seiten durch Wandproduction wieder ab. Selbst ganz kurze Stücke vermochten dieß noch auszuführen. Die vollständig verheilten Stücke pflegen seitlich neben den Wundnarben wieder auszuwachsen und fortzuvegetiren. Sehr merkwürdig ist das Benehmen des Protoplasma's im Inneren der verletzten Stücke. Unmittelbar oder doch in kurzer Frist nach der Verwundung beginnen sämmtliche dem Protoplasmakörper eingelagerten Chlorophyllkörner sich von der lädirten Stelle zurückzuziehen nach der Mitte der unverletzten Fadenstrecke hin. Auch vom entgegengesetzten Ende des Fadens her, selbst wenn dieses nicht verwundet war, thun sie oft dasselbe. Gleichsam als ob das Protoplasma jetzt ungestört und mit ungetheiltem Kraftaufwand dieser drängendsten Arbeit der Neubildung obliegen müßte, weichen sie auf weite Strecken vom Orte dieser Thätigkeit zurück, und kommen erst wieder auf ihre alten Posten — auch die Vernarbungscurven gleichmäßig erfüllend — wenn die Ausheilung durch Bildung der Verschlußhaut beendet worden. — Diese Heilung, das beachte man wohl, geschieht jedoch nur bei großen, zumal langgestreckten Zellleibern und wenn die Theilstücke groß genug sind, um bezüglich der Gliederung und Gestaltung ein dem Ganzen ähnliches Gebilde darzustellen, welches sich deßhalb leicht wieder zu einem neuen Individuum ab- und zusammenschließen kann. Außerdem verlangt die Heilung die Gegenwart eines Zellkernes und glückt deßhalb nur bei mehrkernigen Plasmamassen. Nie ist beobachtet worden, daß Theilstücke von Zellen, welche einen Kern nicht mitbekamen, das Zellganze erneuten. Sie gingen vielmehr stets zu Grunde [1].

Diese Tendenz, den geschädigten Organismus wieder auszubessern, begegnet uns in noch vollkommenerem Grade in den mehrzelligen höheren Pflanzen, ist aber an ihnen weniger auffallend. Das einheitliche Ganze drängt sich hier wieder in greifbarster Form in den Vordergrund; es bildet überall das adäquate Endziel des Besonderen. Die einzelnen Glieder und Theile nehmen hinsichtlich des Lebens nur eine secundäre, untergeordnete Stellung ein und verdanken ihre Bedeutung

[1] Vgl. E. Strasburger, Zellbildung und Zelltheilung. 3. Aufl. 1880, S. 373.

allein ihrer eigenthümlichen Aufnahme in's Ganze. Eben dadurch, daß sie in dieser nicht von ihnen ausgehenden Combination mit anderen differenten Gliedern zusammenwirken, wird es ihnen möglich, zur Lebensthätigkeit etwas beizutragen. Im Ganzen allein ist das Leben, im einzelnen Gliede nur insofern, als es ein Theil des lebendigen Ganzen ist.

Bestand des Individuums in beständigem Wechsel. — Wie wir schon mehrmals bemerkt haben, hält aber der lebendige Gesammtorganismus nicht wie der Krystall eine und dieselbe Lagerung und Anordnung seiner Theile fest, und dieses ist ein weiteres wesentliches Element der lebendigen Organisation. In jedem Momente ist der herrschende Zustand der inneren Ausgliederung ein Übergangsstadium, ein vorübergehendes Entwicklungsglied in der Kette der vielen, auf dem Fuße sich folgenden, sich immer vervollkommnenden Bauten des Protoplasten. Diese einzelnen Übergangsbauten sind alle nicht ihrer selbst wegen aufgeführt, sondern nur als nothwendige Vorbedingungen zu dem einen Normalbau, der dem reifen Zell- oder Pflanzenindividuum zukommt. Doch auch dieser ist abermals nur von kurzer Dauer, und in der kurzen Spanne Zeit, die er besteht, hält er alle seine Theile, wie wir das früher gesehen, in beständigem, vielfachem Flusse. — In diese Periode fällt dann auch jene für unsere Studie bedeutungsvolle Art der Gestaltungsthätigkeit, in Folge deren entweder Theile des lebendigen Organismus, denen bereits im Mutterleibe alle wesentlichen Merkmale des Lebendigen mitgetheilt worden, von ihm abgelöst werden, oder der ganze, zur höchsten Vollendung gelangte Organismus in mehrere bestimmt umgeformte Theile zerfällt, damit in dem einen und anderen Falle die Theile selbständig von Neuem die ganze Reihe der organischen Umgestaltungen recapituliren, wie es zuvor die Mutterfubstanz gethan hatte. Der Mutterorganismus selbst geht bei diesem Processe in dem letzteren Falle gleichzeitig mit seinem Zerfallen in die Anfangsstadien neuer Organismen zu Grunde; aus der Asche des alten, abgelebten Phönix erheben sich hier thatsächlich jugendfrische, lichtgeborne Sonnenvögel mit erneuter Lebenskraft[1]. Im ersteren Falle dagegen stirbt der Mutterleib meistens erst

[1] A. Weismann hat in seiner Schrift: „Über die Dauer des Lebens" (ein Vortrag. Jena 1882), in welcher er die Erscheinung der begrenzten Lebensdauer der Organismen in darwinistischem Sinne zu erklären bemüht ist, für die einzelligen Thiere eine ewige Lebensdauer und die Unmöglichkeit eines Todes, der von selbst eintreten könne, behauptet. Wenn dieses für die einzelligen Rhizopoden, auf welche der Verfasser seinen Beweis stützt, wahr wäre, so müßte es auch von den einzelligen

nach einer mehrmals wiederholten Abzweigung von Sprößlingen, nachdem der alternde Organismus durch eine abfallende Reihe von Umbildungen zu dem Endstadium hingeführt worden, das eine Lebensthätigkeit nicht mehr erlaubt; der Protoplast stirbt und sein Cadaver zerfällt von selbst in Stücke gleich der Ruine eines Schlosses, das von seinem Besitzer schon in morschem Zustande dem Zahne der Zeit überantwortet wurde, nachdem dessen Nachkommen andere neue Burgen gegründet. So bildet denn auch das einzelne Individuum mit all seinen Gestaltungen selbst wieder nur ein vorübergehendes Übergangsglied zu späteren Individuen. Es ist also nicht seiner selbst wegen da, sondern wegen der permanenten Darstellung der ganzen Species, zu der es gehört. Während das Einzelwesen von Anfang an dem Untergang geweiht ist, persistirt die Species durch das ununterbrochene Auf- und Niedergehen der Einzelwesen ewig frisch und constant, wie ein Alpensee, dessen Wasser sich durch den fortwährenden Zu- und Abfluß erneuen. Freilich die Continuität des Lebens, die von Individuum zu Individuum, von Geschlecht zu Geschlecht fortspielt, kann nie zerschnitten werden, ohne für immer zu erlöschen.

Pflanzen gelten, die nur durch Theilung sich fortpflanzen, und von einem Untergang der Individuen könnte bei ihnen nicht mehr die Rede sein. Die Entscheidung dieser Frage hängt unseres Erachtens größtentheils von ihrer Auffassung ab. Wenn eine lebendige Zelle ihr Leben dadurch auf andere Zellen fortpflanzt, daß sie ihren Leib ohne Rest in zwei oder mehrere Theile trennt, so hört damit jedenfalls der Stammorganismus auf, als vollentwickelter, reifer Organismus fortzuexistiren und geht insofern wirklich zu Grunde. Auf dieses kommt es uns hier aber allein an. Ob nun dabei das lebendige Individuum mit untergehe, wird verschieden beantwortet werden, je nachdem man sich die Individualität solch niedriger Lebewesen vorstellt. Identificirt man dieselbe in materialistischem Sinne schlechthin mit der belebten Materie, d. h. läßt man den Begriff von der Individualität des Organismus einfachhin fallen, so kann natürlich an ein Vergehen des lebendigen Individuums in unserem Falle nicht gedacht werden. Verstehe ich aber unter lebendigem Individuum den lebendigen Organismus, so wie er sich durch seinen materiellen Bau, seine Functionen und seine Entwicklung als ein einheitliches in sich abgeschlossenes Ganzes darstellt, das als solches nicht getheilt werden kann, ohne daß die Theile aufhören, das zu sein, was die ungetheilte Masse war, so kann ich mit Fug und Recht behaupten, bei der Zelltheilung gehe das Mutterindividuum wirklich unter, und an dessen Stelle treten zwei oder mehr neue Individuen. Von einem Tode schlechthin, das wollen wir Herrn Weismann zugeben, kann hier nicht die Rede sein, selbst wenn man der dualistischen Lebensauffassung beipflichtet, vorausgesetzt, daß man das Lebensprincip der Pflanzen für theilbar hält und nicht für einfach. Ohne also die sich theilenden Individuen im gewöhnlichen Sinne des Wortes sterben zu lassen, halten wir doch an der Behauptung fest, daß im ganzen Reiche des Lebendigen die Individuen bei der Theilung untergehen und nur eine beschränkte Lebensdauer haben.

Ewig wechselnd fließt der Strom der Zellen,
Wie der krause Wirbeltanz der Wellen,
Durch des Lebens bunte Zauberwelt.
Wie der Wassertropfen in der Welle
Keinen Augenblick verharrt zur Stelle,
Rastlos jede Zelle steigt und fällt.
Stirbt sie rasch auch hin im Tanz der Welle,
Springt aus ihrem Tode doch die Quelle,
Die den Baum des Lebens frisch erhält.

Organisation. — Dieses Bauwesen der Zelle, diese Aus- und Umgestaltungen des Zellleibes sind ein getreues Abbild jener Eigenthümlichkeiten, die mehr augenfällig an den zusammengesetzteren Pflanzen- und Thierleibern in die Erscheinung treten, jener Eigenthümlichkeiten, deren Inbegriff man eben durch die Worte „Organisation" und „Organismus" bezeichnet, welche ja in ihrer ersten Bedeutung auf den lebendig sich auswirkenden Thier- und Pflanzenleib sich beziehen und nur in secundärer Übertragung auch auf analoge Erscheinungen angewendet werden. Das Wesentliche des Organismus liegt nämlich zunächst in nichts Anderem, als in dieser zweckmäßigen harmonischen Beziehung der verschiedenen Theile zum einen Ganzen und dann in der planmäßig nothwendigen Abhängigkeit der einzelnen Theile von einander. — Mit der organischen Zusammengehörigkeit und Zusammenordnung der materiellen Bautheile im Zellengebäude harmonirt aber in schönster Weise die Zusammengehörigkeit und Zusammenordnung der Bewegungs- und Lebensfunctionen des Protoplasten, von denen wir im zweiten Abschnitt (S. 24 ff.) ein übersichtliches Bild zu entrollen versucht haben. Die organisirte Thätigkeit erwächst aus einem organisirten Stoffsubstrate. Durch die Organisation des letzteren tritt aber offenbar das Lebendige nicht weniger in einen flagranten Gegensatz zum unbelebten Stoffe, als wir dieses bezüglich der Organisation in der ersteren (S. 52—58) nachgewiesen haben. Ja die in der Gestaltung gelegene Organisation trägt ihn schon äußerlich ausgeprägt und deßhalb viel deutlicher zur Schau[1].

Gestalt, Structur und Thätigkeit im Lebendigen und Unbelebten. — An die Stelle der Umgrenzung des Krystalles durch ebene Flächen, durch scharfe Kanten und Ecken, welche schon an und für sich, und weil sie an demselben Stoffe constant in derselben Form wiederkehren, dem starren und schroffen Charakter des unbelebten Stoffes voll-

[1] Das abweichende Verhalten bezüglich des Körperumfangs wurde schon S. 59 berührt.

kommen entsprechen, tritt in der lebendigen Zelle überall Rundung und Wölbung als dominirende Körperform und zwar in der isolirten Zelle mit der Tendenz zur Kugelgestalt. Dieses ist aber gerade jene Gestalt, durch welche die gleichmäßige Beziehung und Abhängigkeit der Theilchen zum Centrum und vom Centrum den besten sichtbaren Ausdruck findet, eine Form, welche das wesentlichste Charakteristikum des Lebendigen in bester Weise äußerlich sinnbildet. Zu noch klarerer Darstellung der in der Organisation liegenden höheren Centralisation der Materie stellt sich dann noch — wenigstens in den allermeisten Fällen — in der Mitte der Zelle ein Zellkern ein. Diese Form selbst aber ist nicht, wie beim Krystall, hart und in hartem Materiale ausgeprägt, sondern beweglich und schmiegsam, an festweicher und plastischer Masse haftend und angepaßt der vielartigen Innenbewegung und dem beständigen Gestaltungswandel der Zelle[1]. — Dieser unmittelbar in die Augen fallende Contrast in der äußeren Gestalt ist aber nur ein concreter Ausdruck für den tiefer liegenden Gegensatz, den die innere Structur und das ganze innere Wesen bedingt. In dem Krystall und überhaupt in jeder anorganischen Masse gilt nicht Differenzirung, sondern Homogeneität als oberstes, allgemeines Bauprincip (S. 17 u. 58). Wenn es dennoch oft vorkommt, daß verschiedene Stoffmolekeln in einer und derselben Masse sich vermengen, so hat dieses immer in accidentellen äußeren Ursachen seinen Grund, nie aber in den Stofftheilchen selbst. Aber auch in diesen Fällen wird noch die größtmögliche Homogeneität angestrebt, indem die Molekelvertheilung, wie wir dieses z. B. in Lösungen und Gasgemischen sehen, sich durch die ganze Masse gleichmäßig vollzieht und so doch ein homogenes Gemenge oder Gemisch zu Stande kommt. Diese Homogeneität der Structur, die in dem Krystall ihre höchste Vollendung erlangt, ist selbst wieder nur das Ergebniß der dem unbelebten Stoffe wesentlichen Aggregationsthätigkeit, welche stets darin beruht, daß die einzelnen Molekeln ihre Kräfte gegenseitig in's Gleichgewicht zu setzen suchen. Der Gestaltungstrieb der anorganischen Materie ist nie etwas Anderes, als das unmittelbare Resultat der Attractionswirkungen, die voll und ganz ihren Sitz und ihre Quelle

[1] „Mathematisch-regelmäßige Formen, vollkommene Ebenen, genau geradlinige Kanten oder auch Kreisbogen und Kugelflächen von geometrischer Schärfe kommen in den Zellgeweben der Pflanzen und Thiere, also in der ganzen organischen Natur nirgendwo vor. Solche würden sich weder mit der erforderlichen Schmiegsamkeit, noch mit dem in allen Gewebetheilen nothwendiger Weise stets wechselnden Wassergehalte vertragen." v. Hanstein, Protoplasma. S. 141.

in den einzelnen Molekeln haben. Wenn der Krystall nichtsdestoweniger nach verschiedenen Richtungen hin Unterschiede im Bau verräth, so ist das nicht als eine entfernte Ähnlichkeit mit der Organisation zu deuten, sondern ebenfalls schon in den einzelnen Molekeln grundgelegt. Diese Baudifferenzen kommen nämlich daher, daß schon jede einzelne Krystallmolekel nach eben dieser Richtung differente Anziehung äußert, und weil alle Molekeln vermöge der jeder innewohnenden Kraft sich gleichmäßig „orientiren", d. h. so sich legen, daß die gleichwirkenden Anziehungskräfte nach derselben Richtung im Raume erfolgen, parallel zu den Krystallachsen. — Nachdem eine Molekel sich mit den umliegenden in's Gleichgewicht gesetzt hat, ist auch seine Gestaltungsthätigkeit am Ende. Die einzelne Molekel kümmert sich nicht weiter um die anderen, die über seine unmittelbare Attractionssphäre hinausliegen; sie sucht nicht einen so und so großen Krystall zu Stande zu bringen. Die Größe des Krystalls hängt allein ab von der durch äußere Umstände bemessenen Menge des krystallisationsfähigen Materials, das jedesmal geboten ist. Eine andere Thätigkeit aber, welche über die Wechselwirkung der unmittelbar sich berührenden Molekeln hinausgriffe, kommt in der anorganischen Natur nicht vor und widerspräche auch jener Thätigkeit, die wir thatsächlich am Stoffe immer und überall wahrnehmen und deßhalb als wesentliche ihm beilegen. Wie wir also die Sache uns auch ansehen mögen, wir finden stets die Gestalt der gesammten anorganischen Masse durch die fixe Anlage der Theilchen vollständig gegeben; diese sind das Bestimmende, jene das durch diese Bestimmte. Die Stofftheilchen, für sich und durch sich selbst allseitig und für immer bestimmt, bestimmen eben dadurch auch das Übrige; das Ganze der Masse ist den Theilchen untergeordnet, durch sie bedingt und von ihnen abhängig. Unter sich selbst aber sind die Stofftheilchen einander nicht unter-, sondern beigeordnet. Eine der Organisation vergleichbare Centralisation der Stofftheilchen in der Ausgestaltung und Thätigkeit der Masse, welche große Molekelcomplexe einheitlich nach höheren und über die einzelnen Molekeln weit hinausgreifenden, sie beherrschenden Tendenzen ordnet und verbindet, kann also in der anorganischen Materie nicht aufkommen; an ihre Stelle tritt vielmehr ein communistischer Verband der niedrigsten Art. Wenn man sich diesen etwas genauer betrachtet, gelangt man zur Überzeugung, daß von einer wirklichen „Ausgestaltung" des Krystalles eigentlich gar nicht die Rede sein kann, weil ein „bildsames" Material gar nicht vorliegt, um demselben die Gestalt erst zu geben. Ferner hat die Entstehung des Kry-

stalles eine ganz andere Bedeutung als die Entstehung der Zelle; weil ja in den Theilchen des ersteren Alles schon gegeben ist, entsteht nicht wirklich Neues, sondern es erfolgt nur eine zufällige Änderung des schon Bestehenden.

Aus dem Gesagten folgt zweitens, daß mit dem Wesen des Krystalles, in welchem sich der Drang der anorganischen Materie nach Stabilität gewissermaßen verkörpert hat, jede Art von *selbständiger Fortentwicklung der inneren Structur* unvereinbar ist. Durch bloße Molekelthätigkeit entstanden, die mit dem Gleichgewicht der Lage ihr Ende erreicht, ist er einer solchen absolut unfähig.

Drittens endlich wäre es lächerlich, beim Krystall und bei aller anorganischen Materie an eine *Sicherung der Species durch Fortpflanzung* zu denken. Diese widerspricht ihrem ganzen Sein und Handeln. Denn, sind auch Molekeln als solche veränderlich und theilbar, so ist doch ihr Fortbestand durch die factisch unveränderlichen und untheilbaren Atome, welche die letzten wahren Individuen der *differenzirten* Materie sind, für alle Zeiten gewahrt und ihre Menge der Verminderung entzogen. Wie nämlich der Krystall nur das Ergebniß der einzelnen Molekelwirkungen ist, so ist die Molekel selbst das Ergebniß der Wirkung der in ihm enthaltenen Atome. Mit den Atomen sind die Molekeln und die Krystalle gegeben, die jedesmalige bestimmte Combinationsform in denselben aber durch die wechselnden äußeren Verhältnisse. Sofern die Atome ewig in individuo fortexistiren, ist auch die ewige Existenz der Molekeln und der krystallisirten, sowie der unkrystallinischen Molekelaggregate außer Frage gestellt.

Kann der Gegensatz zwischen der belebten Materie und der unbelebten wohl klarer und allgemeiner, schroffer und fundamentaler gedacht werden, als die bisher betrachteten Verhältnisse ihn zeigen? Wahrhaftig, wer ihn dennoch nicht sehen kann, dem fehlt es am normalen Augenlicht. Wenn nun aber die belebte Materie und die unbelebte in ihrer innersten, unveränderlichen Natur verschieden angelegt sind und nach conträren Seiten auseinanderstreben, wie kann da aus der unbelebten Materie sich die belebte entwickeln? Wie kann da das Lebendige für einen besonderen Entwicklungszustand des anorganischen Stoffes gehalten werden? Eine solche Ansicht widerspricht der Natur und der gesunden Vernunft.

Aber wie haben wir uns denn die auffallende Erscheinung zu erklären, daß trotzdem heute so Viele sich abmühen, eine solche Ansicht zu beweisen? Daß sie dieselbe für die einzig zulässige Annahme ausgeben? Der Grund ist ein doppelter, liegt aber keineswegs in der

Sache, um die es sich handelt. Einmal ist der materialistische Gifthauch Schuld daran, der in unseren Tagen über alle Gauen und Länder dahinweht. Die Ansteckung hat sich bei Gelehrten und Ungelehrten bereits tief in's Fleisch und Blut eingefressen, nachdem seit Jahrzehnten in verwerflichster Weise von Lehrstühlen herab, in Büchern und Tagesblättern eindringlich für materialistische Lebensauffassung Propaganda gemacht worden und nachdem die immer allgemeiner werdende Genußsucht, ein Kind der einseitig hoch entwickelten materiellen Industrie unseres Jahrhunderts, mit jedem Tage zahlreichere und raffinirtere Genußmittel geschaffen und für diese Lebensanschauung jeden Tag mehr disponirt hat. Diesem Pesthauch gegenüber steht aber die Mehrzahl der Menschen aus Mangel an ächter philosophischer und religiöser Bildung ohne Schutz und Correctiv da. Eine zweite Ursache aber erblicken wir in der heutigen Methode der Forschung, die wesentlich eine mechanisch-analytische ist. Um einen Gegenstand zu untersuchen, wird er zuerst immer weiter und weiter in seine Theile experimentell zerlegt und diese dann bis in's kleinste Detail quantitativ und qualitativ geprüft. So kommt man natürlich überall nur auf gewöhnliche Materie in anderer und anderer stofflicher Combination, in anderen und anderen physikalischen und molekularen Zuständen; außer Materie aber sieht man Nichts. Indem man nun auf diese Weise immer mit den isolirten materiellen Theilen sich experimentell beschäftigt, schwindet nach und nach aller Sinn für die ideale und geistige Verarbeitung der Forschungsobjecte. Schließlich verliert sich selbst die Fähigkeit, in höherem Geistesflug sich über die unmittelbaren Ergebnisse der greifbaren Experimente hinweg zu erheben, und man kann die getrennten Theile in keine andere Verbindung mehr bringen, als in eine rein äußerliche und mechanische. Zu einer derart oberflächlichen Forschungsrichtung paßt aber kein anderer naturphilosophischer Hintergrund besser, als der kraß materialistische. Bei diesem Gange der Untersuchung muß auch gerade das Lebendige am schlimmsten wegkommen. Denn bevor es nur zur Untersuchung kommt, wird es schon all' seiner wesentlichen Merkmale entkleidet und zum Leblosen degradirt. Kein Wunder also, wenn unsere Forscher keinen wesentlichen Unterschied zwischen anorganischem und lebendigem Stoffe herausfinden. Wer aber sähe nicht ein, daß eine Untersuchung, die in ihrem Principe falsch und verkehrt ist, trotz allen Aufwandes von Genauigkeit in der experimentellen Methode, trotz all' des Scharfsinnes und Genie's im Gang der Analyse, unfähig ist, über das Leben Aufschluß zu geben? Wohl angebracht ist deß-

halb der Spott, mit dem Mephistopheles diese Afterforschung richtig kennzeichnet:

„Wer will was Lebendig's erkennen und beschreiben,
Sucht erst den Geist hinauszutreiben,
Dann hat er die Theile in seiner Hand,
Fehlt leider nur das geistige Band.
‚Encheiresin naturae' nennt's die Chemie,
Spottet ihrer selbst und weiß nicht wie."

Nicht in den getrennten Theilen des Organismus liegt, wie wir sahen, das Leben, sondern allein und ausschließlich in dem aus ihnen gebildeten Ganzen. Die Erklärung des Lebens muß also beim Ganzen ansetzen und bei der Untersuchung der Theile diese nicht für sich und vom Übrigen losgelöst in's Auge fassen, sondern als Glieder des Ganzen. All' das Unheil der überall spukenden materialistisch mechanischen Lebenserklärung ist also nur menschlicher Verirrung entwachsen.

In neuerer Zeit gelang es indessen mehreren hervorragenden Forschern, die durch nichts weniger als „scholastische Schulmeinungen" sich beeinflussen ließen, wohl aber den Muth besaßen, den einseitigen, falschen Standpunkt der bisherigen Forschung zu verlassen, der wahren Antwort auf die „Lebens"-Frage sich zu nähern. Auch sie konnten sich der Einsicht nicht verschließen, daß das Lebendige, wo immer es auftrete, wesentlich verschieden sei von dem Unbelebten, und daß aus letzterem ersteres nie von selbst hervorgehen könne. Unter diesen wollen wir hier nur Prof. J. Reinke und Prof. J. v. Hanstein anführen. Nachdem der Erstere darauf hingewiesen, daß er das Protoplasma schon für einen Organismus von complicirtestem Gefüge halten müsse, fügt er die Bemerkung bei: „Eine Consequenz dieser Anschauung, auf welche ich in der Abhandlung nicht einzugehen beabsichtige, mag an dieser Stelle mit wenigen Worten angedeutet werden. Ich habe durch Versuche die Überzeugung gewonnen, daß ein im Mörser fein zerriebenes Plasmodium ebenso wenig Protoplasma ist, wie eine zu feinem Pulver zerriebene Taschenuhr noch eine Taschenuhr sein würde. Beides sind Haufwerke verschiedener Substanzen, in genau bestimmtem Mengenverhältnisse mit einander gemischt; aber ebenso wenig, wie die rein physikalischen und chemischen an der Erdoberfläche wirkenden Kräfte im Stande sind, aus dem Gemenge von Messing, Stahl, Gold, Glas u. s. w. wieder eine Taschenuhr zu bilden, ebenso wenig werden sie aus dem zerriebenen Plasmodium ohne Mitwirkung eines anderen Organismus wieder Protoplasma erzeugen können, und dieß würde auch dann nicht geschehen,

wenn wir Eiweißstoffe, Kohlenhydrate, Säuren, Metalle u. s. w. im richtigen quantitativen Verhältnisse mit Wasser mengen und dann abwarten wollten, ob daraus von selbst sich Protoplasma bilden werde. Diese Gesichtspunkte sind für mich auch zur Beurtheilung der theoretischen Möglichkeit einer generatio spontanea von Protoplasma maßgebend."[1] — Mit größerer Ausführlichkeit und concreterer Entwicklung seiner Ansichten verbreitet sich Prof. v. Hanstein über diesen Gegenstand. Die Frage diskutirend, welches die eigentliche Ursache der organischen Gestaltungen in der Pflanzenzelle und ihrer zweckmäßigen Bewegungen sei, zeigt er zuerst, wie die gewöhnliche Wirksamkeit der Materie für deren Erklärung absolut nicht ausreiche. Muß aber jede Wirkung eine ihr entsprechende Ursache haben, so war es gewiß ein sehr logischer Schluß, wenn er für die fraglichen Erscheinungen „außer den anderen Naturkräften, die überall durch die anorganischen und organischen Körper gleichmäßig wirken, einstweilen noch eine besondere Kraft" statuirt, welche „lediglich in den Organismen wirkt und deren nächste Ursache ist, und die als unmittelbares Geräth und Angriffsobject stets gewisse chemische Verbindungen braucht". Ganz treffend bemerkt er hierzu: eine solche Annahme sei keine gewagtere Hypothese, als jene über besondere elektrische und magnetische Kräfte, solange man diese nicht auf andere allgemeinere und einfachere Kräfte zurückführen konnte. Diese Kraft ist es nach ihm, welche „die Bewegungen nicht blind und planlos nach dem Gesetze allgemeiner Nothwendigkeit, sondern auch nach dem besonderer organischer Planmäßigkeit veranlaßt". „Sie schafft individualisirte Stoffgruppen, deren materielle Theile wechseln und vorübergehen, während verschiedene Substanz durch ihre Hand geht. Die materiellen Molekeln üben die Arbeit aus, die wir Leben nennen, nur solange sie unter der Botmäßigkeit dieser Kraftwirkung sich befinden. Vorher und nachher sind sie leblos. Völliges Zertrümmern der zur Lebensarbeit gestalteten Substanz läßt auch die individualisirende, gestaltende Kräftewirkung, die darin waltet, erlöschen. Niemals erwacht dieselbe von selbst wieder, selbst in ähnlicher Stoffverbindung nicht." „So wenig wie aus anorganischer Substanz, ebenso wenig springt der Lebensfunke wieder auf in protoplastischen Resten, die einmal der organischen Gestaltung verlustig sind." „Allen Einwänden gegenüber," meint er, „sei festzuhalten, daß diese Hypothese zur Zeit die einfachste ist, die Mehrzahl der beob-

[1] Studien über das Protoplasma. 1881. Einleitung S. VII.

achteten Lebenserscheinungen — wenn auch nicht etwa erklärt — so doch unter einheitlichem Gesichtspunkt vorstellbar macht, mit keiner zur Zeit im Widerspruch steht, und nicht aus einem kleinen Wunder ein größeres macht, sondern während sie viele Räthsel löst, die meisten anderen auf ein einziges, einfacheres zurückführt. Auf Grund dieser Thatsache können wir gewissen mehr materialistischen Auffassungen der Biodynamik gegenüber unsere Auffassung festhalten, während man andererseits sich plagen mag, die Ursachen des Lebens auf Wegen zu suchen, wo sie schwerlich jemals zu finden sind, wo dagegen die Früchte, die man erntet, je länger desto mehr Beweise für den Gegensatz zwischen leblosen und lebendigen Erscheinungen und deren Ursachen an's Licht fördern und uns dadurch immer weiteren Vortheil für unsere Ansicht bringen müssen." [1]

Ich weiß wohl, man hat Herrn v. Hanstein vorgeworfen, daß er in seinen Studien einer zu „dogmatischen" Richtung gehuldigt habe, und deßhalb betreffs der allgemeineren Resultate weniger zuverläßlich sei. Diese dogmatische Richtung kann aber in unserem Falle nur darin liegen, daß er sich von der experimentellen Erforschung des Einzelnen zur Betrachtung des Ganzen zu erschwingen vermochte, daß er die Einseitigkeit der modernen positivistischen Forschung abstreifend, sich einen offenen, freien Blick in das Naturganze zu wahren verstand. Aber was ist daran um des Himmels willen Unrichtiges? Wie soll darin eine Quelle wissenschaftlicher Befangenheit liegen? Ist nicht gerade das Gegentheil wahr? Sonderbare Verwirrung der Begriffe: eine die Forschungsresultate trübende Dogmenbefangenheit soll es sein, wenn man sich von dem tyrannisirenden Joche des allgemeinen Positivismus zu befreien versteht und die Sachen für das zu erklären sich erkühnt, was sie sind; freie, vorurtheilslose Forschung dagegen, wenn man durch das repugnirende Dogma des Materialismus und des monistischen Mechanismus über die Alleinherrschaft und Allmacht der Materie und ihrer Bewegung sich knebeln läßt, wenn man unter dem Drucke eines einseitigen, verknöcherten Experimentalismus seinen geistigen Blick nicht nur von allen jenen natürlich folgenden Consequenzen scheu abwendet, welche in der Natur noch Anderes als Atome und Molekeln verlangen, sondern geradezu sich abmüht, sich und Andere glauben zu machen, solche Consequenzen seien verwerflich, weil im Widerspruch mit dem Grunddogma, an dem zu zweifeln nicht erlaubt sei!

Gewiß, wer immer offenen und ungetrübten Blickes den bisher

[1] Das Protoplasma. S. 168 ff.

besprochenen Erscheinungen auf den beiden Gebieten der Materie in's Auge zu schauen vermag, wird sich der Wahrnehmung nicht entziehen können, daß im Lebendigen eine „besondere Kraft" walte. Diese Folgerung ist unabweisbar. Thatsachen und die gesunde Vernunft treten für sie in die Schranken, keineswegs aber blinder Dogmenglaube, der auch nach unserem Dafürhalten nirgendwo, am wenigsten aber auf dem Boden der Naturforschung am Platze ist, welcher aber thatsächlich in größter Dosis bei Jenen sich zu finden pflegt, die wegen religiöser Hintergedanken am meisten gegen blinden Dogmenglauben sich ereifern.

So wäre denn thatsächlich die alte „Lebenskraft" jugendfrisch und vollständig wieder erstanden, die Vielgeschmähte wäre durch die Naturforschung, ihre angebliche Todfeindin, wieder zu Ehren und Ansehen gebracht.

Langsam, langsam, höre ich da rufen, Alles ist doch nur eitle Spiegelfechterei! Was ist mit einer solchen Lebenskraft am Ende gewonnen? Bei richtigem Lichte besehen, entpuppt sie sich als ein leeres dunkles Wort, für eine dunkle, bislang unerklärliche Erscheinung. Mit ihr wird es genau ebenso gehen, wie mit den besonderen Kräften: Licht, Wärme, Elektricität u. a. Als diese ihrem wahren Wesen nach noch nicht erkannt waren, da konnten sie natürlich auch nicht auf andere bekannte Stoffkräfte reducirt werden, und es war erlaubt, sie unterdessen als eigene Kräfte, als besondere Agentien oder Fluida aufzufassen. Es war aber diese Auffassung in Wirklichkeit nur ein Deckmantel für unsere Unkenntniß, der fallen gelassen werden mußte, sobald die exacte Forschung, den Schleier von ihrem Wesen weghebend, sie als einfache Bewegungszustände der Stofftheilchen kennen lehrte. Dieser Einwand wird selbst von Solchen erhoben, welche mit unseren bisherigen Folgerungen einverstanden zu sein vorgeben, in Wirklichkeit aber deren Tragweite nicht erfaßt haben.

Halten wir zunächst fest, daß mit diesem Einwand der Lebenskraft ein ephemeres Existenzrecht solange zugestanden wird, bis das Leben aus den bekannten Kräften der Materie erklärt werden wird. Was dann den Vergleich mit den genannten physikalischen Erscheinungen anlangt, so ist derselbe durchweg nicht zutreffend. Ein solcher Vergleich beweist im Gegentheil, daß für die Lebenskraft das Schicksal, welches die physikalischen Fluida betroffen, nicht zu fürchten ist. Unter Lebenskraft verstehen wir nach Obigem eine Kraft oder bewirkende Ursache, von der jeder bei gründlicher, vorurtheilsfreier Prüfung die Überzeugung gewinnen muß, daß sie dem Stoffe nicht eigen sein könne, weil sie über dessen Natur hinausgreift und eine höhere so geartete Wirksamkeit bekundet, wie

sie der Stoff aus sich niemals entwickeln kann. Bei jenen physikalischen Kräften aber war entweder von vornherein klar, daß sie *eigenthümliche Kraftwirkungen des Stoffes selbst sein können*, oder es war doch ein Gegensatz zu der dem Stoffe eigenen Thätigkeit nicht zu beweisen. Bezüglich der Lebenskraft kann also, dessen bin ich zum Voraus gewiß, nie der Fall sich ereignen, daß sie in Folge der Vertiefung und Erweiterung unserer Kenntnisse als ein eigenthümlicher Thätigkeits- und Entwicklungszustand der anorganischen Materie sich hinstellen lassen wird. Sie ist und bleibt *etwas vom Stoffe Verschiedenes*, das als solches klar und sicher erkannt ist und einen eigenen Namen verdient. Das Wort „Lebenskraft" ist somit nicht wie dasjenige des „elektrischen Fluidums" nur dazu erfunden, um ein supponirtes Agens zu bezeichnen, das als zeitweiliger Nothbehelf zur Erklärung einer in sich noch unklaren Erscheinung dienen soll, es ist eine Bezeichnung für ein wirkliches Ding, dessen Existenz und Wirkungen bestimmt erkannt worden sind. Ob dieses Wort nun gut gewählt sei, das ist eine andere Frage, über die wir erst später sprechen werden. Auch ist freilich damit, daß wir in der Lebenskraft die Ursache des Lebens aufgefunden, das Leben in seinen concreten Erscheinungen noch lange nicht verständlich gemacht; dazu bedarf es noch vieljähriger Forschungen. Deßhalb war es eine lächerliche Verdächtigung, wenn man sich erdreistete, zu behaupten, die Lebenskraft sei früher zu dem Ende in die Wissenschaft eingeführt worden, um durch eine leere Speculation einer gründlichen Untersuchung des Lebens vorzubeugen. Indem wir aber hiermit gerne zugeben, daß das Leben in sich noch recht dunkel bleibe, sind wir weit entfernt, die Lebenskraft selbst für eine „dunkle Idee" gelten zu lassen. Sie läßt sich begrifflich sehr scharf und klar präcisiren, und dieses nicht bloß abstract und rein philosophisch, sondern auch concret und im Hinblick auf die einzelnen Lebensvorgänge. Der ganze Inhalt der Idee läßt sich zur Zeit nicht erschöpfend auseinandersetzen. Dieses wird jedoch keineswegs dazu erfordert, daß sie für klar gehalten werden könne; sonst besäßen wir überhaupt wenig klare Ideen. — Bevor wir es jedoch unternehmen, das vermeintliche Dunkel vom Begriffe der Lebenskraft weiter zu heben, wollen wir noch einem anderen Einwand begegnen, der schon oft gegen dieselbe gemacht wurde.

Am Krystall oder einer sonstigen gewöhnlichen Stoffmasse, sagt man, walten freilich heute nur Kräfte, die, anstatt das Leben zu erklären, mit demselben contrastiren. Dadurch wird aber nicht ausgeschlossen, daß derselbe Stoff, wenn er in andere Verhältnisse käme, die von den

gewöhnlichen, dermalen im Stoffe herrschenden verschieden sind, sich auch anders als heute gestalten und andere dem Leben vergleichbare Wirkungen hervorbringen könnte. Ja, die verschiedenen Verhältnisse und all' die blauen, duftigen Möglichkeiten können gewiß tausendfach und abertausendfach sich denken lassen; ob aber eine einzige darunter sich finde, die hier genügt, das wäre erst zu beweisen. Noch Niemanden wollte es, trotz eifrigen Suchens, bis zur Stunde glücken, eine solche concret zu fixiren. Wir haben übrigens gar nicht von Nöthen, um solch' blauen Nebel uns weiter zu kümmern. Denn unter all' den möglichen Verhältnissen, hinter die man sich verschanzen will, kann es kein einziges geben, das eine Belebung des Stoffes bewirken könnte, es sei denn der Einfluß der Lebenskraft. Wir haben ja oben gezeigt, daß die geschilderte conträre Wirkungsweise im belebten Stoffe einerseits, und im unbelebten andererseits aus deren innerstem Wesen entspringt; das Wesen eines Dinges wird aber nie und nimmer durch äußere Verhältnisse in's Gegentheil verdreht. Weit eher ließe es sich denken, daß dieselben Kräfte, die heute ausreichen, gerade einen Centner zu heben, morgen 100 oder 1000 Centner in derselben Zeit und unter denselben Umständen leicht in die Höhe brächten. Hier nämlich handelte es sich in beiden Fällen doch noch um Kräfte ganz derselben Ordnung und Art. — Aber wie, sollte es denn nicht denkbar sein, daß die Atome und Molekeln *neben* der Thätigkeit und dem Gestaltungstrieb, welchen sie im anorganischen Reiche zur Schau tragen, auch noch Kräfte haben, durch die das Leben erzeugt wird, daß letztere aber *nur in den Organismen* wirksam sind? Abermals nein, denn kein Ding vereinigt in seinem Wesen diametrale Gegensätze. Weßhalb können denn, wenn obige Vorstellung zulässig wäre, die anorganischen Stoffe nicht von selbst lebendig werden? Weßhalb kann der Organismus nur wieder aus einem Organismus derselben Art sich ableiten? Weßhalb ist die letztere Art der Kräfte nur in den Organismen wirksam? Dieses ist ja die Hauptfrage, auf die alle anderen hinauslaufen, und wir haben ja gerade, gestützt auf die Thatsache der Organisation, die Nothwendigkeit einer besonderen Lebenskraft dargethan.

Doch eben diese Argumentation, sagt mir jetzt Einer, beruht auf Irrthum. Organisation ist so wenig unverträglich mit dem Wesen des anorganischen Stoffes, daß sie thatsächlich selbständig an ihm und aus ihm sich entwickelt. Man schaue nur auf zum nächtlichen Firmamente mit den Millionen funkelnder, ewig kreisender Sterne, die organisch das Weltganze zusammensetzen und, obwohl aus purer Materie

ohne Lebenskraft entstanden, in der planvollsten und weisesten Harmonie eine unabsehbare Reihe von mechanischen, physikalischen und chemischen Bewegungen, sowie die großartigsten Gestaltungswandlungen abwickeln, denen gegenüber die Vorgänge in der winzigen Zelle gar nichts zu bedeuten haben. Fürwahr, ein glänzender Einwand! Sehen wir uns denselben näher an, seine Diskussion wird uns gute Gelegenheit bieten, den Begriff der Organisation in helleres Licht zu stellen. Gewiß, der Harmonie der himmlischen Sphären, der gesammten Weltbildung, sowie der Ausgestaltung eines jeden einzelnen Weltkörpers — heiße er Fixstern, Planet oder Trabant, oder sei es selbst einer der aus Rand und Band gerathenen Kometen und Meteoriten — liegt ein wundervoller Plan zu Grunde; gewiß stellen auch die einzelnen Himmelskörper insgesammt nur ein innig verwachsenes Ganzes dar, welches in seiner Verkettung durch einen Plan beherrscht wird. Wahr ist endlich, daß dieser Plan über die Wirkungssphäre der Atome und Molekeln hinausgreift. Soweit hat alles seine Richtigkeit. Aber eben dieses zwingt uns auch hier zur unumgänglichen Schlußfolgerung, daß das vorliegende Weltgebäude nicht das ausschließliche Werk der sich selbst überlassenen Materie sei. „In principio creavit Deus coelum et terram.“ „Dixit autem Deus: Fiant luminaria in firmamento coeli, et dividant diem ac noctem, et sint in signa et tempora, et dies et annos.“ So bekennt es jeder Christ. Unter den Gottesläugnern aber sahen sich Manche durch das Mißverhältniß zwischen Materie und Weltordnung veranlaßt, sich zu einer „Weltseele“ zu flüchten. Und in der That, sollte es annehmbar sein, was keineswegs auch nur annähernd bewiesen werden kann, daß die Kant-Laplace'sche Hypothese die kosmische Ausgestaltung der Materie aus dieser selbst zu entwickeln erlaube, so supponirt eben diese Hypothese stillschweigend schon neben der existirenden Materie noch einen „Primus motor“ [1]. — Ungeachtet der staunenerregenden Ordnung, Harmonie und Zweckmäßigkeit im Kosmos, fehlt es sodann dennoch an jedweder Organisation. Wir finden in dem Stoffganzen des Kosmos zunächst nicht jene in sich abgeschlossene Individualität der Zelle. Ein Kosmos, welcher nur ein Bruchtheil oder ein noch so großes Vielfaches des heutigen wäre, würde doch ein einheitliches Ganzes bleiben. Durch die bestimmte Anordnung der Materie zu den Himmelskörpern wird dann

[1] Man vergleiche hierzu J. Epping S. J.: „Der Kreislauf im Kosmos“. Ergänzungshefte zu den „Stimmen aus Maria-Laach“. Nro. 18. 1882; und Gutberlet in „Natur und Offenbarung“. 1882. Bd. 28.

zweitens keine Änderung, Steigerung und Emporhebung der Stoffaction bedingt. Ganz ähnlich wie in einem Kryſtalle oder einem Stücke Glas iſt all' das Walten der Himmelskörper nur eine Summe und Reſultante der Einzelwirkungen der Stofftheilchen und der dem Ganzen vom Schöpfer mit auf den Weg gegebenen Bewegung; beides, Materie und Bewegung, bleibt laut dem Geſetze von der Erhaltung der Materie und Kraft unveränderlich. Ein weiterer wirkender, Alles durch ſeinen actuellen Eingriff beherrſchender und leitender Factor iſt nicht von Nöthen. Im Himmel und auf der Erde regiert, wie in dem einzelnen Stoffe, nur das dieſem eigene Streben nach materiellem Gleichgewichte (ſ. S. 15). Von einer ſtofflichen Umbildung behufs höherer Leibesbildung oder gar von einer Fortpflanzung, lauter Erſcheinungen, die aus dem Weſen der Organiſation ſich ergeben (ſ. S. 95 ff.), zeigt endlich der Kosmos nicht die mindeſte Spur.

Dieſem, wie allen anderen Einwänden unterliegt, wie man ſieht, der eine Grundgedanke, daß die Atome und Molekeln, wenn nicht beliebig, ſo doch unter gewiſſen, leider nur erdichteten und nicht näher zu bezeichnenden Umſtänden, doch wohl einen organiſirten Leib bilden und zum organiſchen Arbeiten ſich zuſammenthun könnten. Gehen wir deßhalb auch dieſem ſtracks zu Leibe und ſuchen wir uns klar zu machen, welche Ungereimtheiten in ihm verſteckt liegen. Wenn unſere Gegner ſich die Mühe genommen hätten, ihren Gedanken gründlich zu prüfen, ſo würden ſie gewiß vorſichtiger ihn in's Treffen führen; denn dieſer Achilles iſt nicht allein an der Ferſe verwundbar.

Wenn die Atome und Molekeln wirklich unter irgendwelchen günſtigen Bedingungen einen Organismus, gleich dem einer lebendigen Zelle, zuſammenbrächten und in ihm ſo fuhrwerkten, wie der Protoplaſt in ſeinem Zellgefährte, was für ungeheuerliche Fähigkeiten müßten da nicht nothwendig all' den Atomen zugetraut werden? Wie wir oben geſehen, richtet ſich all' das Bauen und Wirthſchaften in der Zelle nach *einem* gemeinſamen Zwecke, der erſt in der Zukunft, nachdem eine Reihe von Zwiſchenbildungen durchlaufen ſind, realiſirt werden ſoll. Jedes Theilchen ſtrebt ihn thatſächlich durch ſein Wirken an, doch nicht alle in gleicher Weiſe, ſondern nach der partiellen Rolle, die jedem zugefallen iſt. Wenn Störungen in der Zelle vorkommen, ändert das einzelne Theilchen ſeine bisherige Arbeit, um den Schaden, der nicht ihm zugefügt worden, ſondern die Zelle an irgend einem abliegenden Punkte getroffen hat, wieder ausbeſſern zu helfen (S. 92 ff.). Jedes einzelne Atom müßte alſo von dem Zu-

stande seiner Bundesgenossen und dem der ganzen Zelle orientirt sein, es müßte wissen, ob die normale Zahl und Disposition der Atome von ihr schon erreicht sei, auf welchem Wege zu derselben zu gelangen sei u. dgl. m. Noch viel frappanter erhellt die supponirte Atombefähigung, wenn wir auf die höheren Pflanzen hinblicken, in denen viele Zellen auf ein Ziel lossteuern. Principiell ist ja in ihr die Atomarbeit wie in der Einzelzelle. — In der normal entwickelten Weidenpflanze z. B. sind Tausende von Zellen in einen Organismus zusammengeschaart. Sie arbeiten und verhalten sich aber anders in den Wurzeln, anders im Stamm, anders in Blättern und Blüthen. Unter Beobachtung bestimmter Vorsichtsmaßregeln gelingt es, die Rollen der Zellen zu vertauschen; z. B. die Krone im Boden als Wurzel fungiren, die Wurzel von der Erde losgelöst und als Krone gen Himmel aufstrebend mit Laub sich bedecken zu lassen. Es circulirt dann Saft und Leben gerade in umgekehrter Weise und nicht bloß in der ganzen Pflanze, sondern auch in den einzelnen Zellen wird Bau und Geschäft auf den Kopf gestellt. Die bisher gemachten Erfahrungen in dieser Richtung berechtigen uns zu schließen: jeder einseitig ausgebildete Zellencomplex oder jedes Specialorgan einer vielfach differenzirten Pflanze sei befähigt zu all den verschiedenen Functionen der übrigen Organe und übernehme diese auch wirklich, sobald die dafür bestimmten Organe wegfallen oder ihre Arbeit einstellen. Schon centimeterlange Stücke halbirter Weidenzweige vermögen unter günstigen Constellationen all' die Functionen der ganzen Weidenpflanze auszuführen; der eine Theil der Zellen eines solchen Stückchens tritt für die Wurzelarbeit ein und treibt Wurzelfasern, der andere versieht, Stengel und Knospen erzeugend, das Geschäft der oberirdischen Organe. Ja man hat es mit Weidenstecklingen ganz in der Hand, den Ort zu bestimmen, an welchem neue Wurzeln ausschlagen und an welchem Knospen auswachsen sollen[1]. Hiernach haben die einzelnen Cambiumzellen des Stengels in sich die Fähigkeit zur Reproduction all der übrigen Theile des Weidengewächses. Denn mögen immerhin äußere Ursachen die Veranlassung zur Bethätigung dieser Fähigkeit geben, so können sie doch keineswegs diese allseitige Reproductionskraft erklären ohne Annahme einer inneren Anlage in der Zelle, vermöge deren sie unverrückt einem bestimmten Ziele zustrebt, das nur im Ganzen liegt, und welches sie bald nur durch diese oder jene engbegrenzte Partialarbeit mit anderen zusammen verwirklichen

[1] Pfeffer a. a. O. Bd. 2. S. 172.

hilft, bald aber durch weiter ausgreifende Verrichtungen, um so den Ausfall dieser oder jener Zellarten auszugleichen. Durch veränderte Außenwirkungen allein, meint Professor Pfeffer, kann eine definitive Wurzelanlage nicht zu einer Laubknospe werden. — Was man bei Weiden mit Stengel- und Wurzelstückchen zuwegebringt, läßt sich bei anderen Pflanzen, z. B. Begonien, schon mit Theilen eines Blattes erreichen. Ganz ähnlich wie in diesen höheren Pflanzen eine Veranlagung der Einzelzellen zur Bildung des Ganzen offenbar zu Tage tritt, steuern auch in der einzelnen Zelle die Stofftheilchen, welche deren Organe bilden, in Allem darauf hin, das Zellganze fertig zu stellen und zu erhalten. Hierzu können sie aber ebensowenig nur von Außen determinirt werden; sie tragen den Trieb dazu in sich selbst. Einen Trieb, den sie nicht blind bethätigen, sondern in geregeltem Einverständnisse mit den übrigen Zellpartikelchen, den sie jetzt so, dann wieder anders zur Geltung bringen.

Dieser auf alle Theile sich erstreckende Trieb ist eine der merkwürdigsten Erscheinungen: „durch ihn wird nicht nur das harmonische Zusammenwirken der einzelnen Vorgänge in der Pflanze regulirt, sondern auch die Thätigkeit in andere Bahnen gelenkt, wenn veränderte Bedingungen in irgend einer Weise für einen Theil des thätigen Ganzen geschaffen sind. Dabei antwortet die Pflanze auf Eingriffe im Allgemeinen — soweit es die inneren Anlagen gestatten — mit zweckentsprechendem Erfolge, und unter abnormen wie normalen Verhältnissen pflegt die Ursache eines Bedürfnisses auch die Ursache (Veranlassung) der Befriedigung des Bedürfnisses zu werden." Dieser harmonisch wirkende Trieb tritt ferner in allen Organismen so klar zu Tage, daß er heute wohl von keinem Physiologen geläugnet wird. Herr Professor Pflüger hat ihn für eine so charakteristische und fundamentale Erscheinung, für so sicher und wichtig gehalten, daß er auf ihn eine eigenthümliche Lebenserklärung aufgebaut hat, die „teleologische Mechanik". Indem er nämlich die Handlungen in den Organismen mit denen des Menschen vergleicht, findet er, daß zunächst das Thier, „ähnlich wie der Mensch, seine Handlungen den jeweiligen Zuständen der umgebenden Körperwelt fortwährend anpaßt, wie es für seine Wohlfahrt am vortheilhaftesten ist", und schließt daraus, „daß auch jene Handlungen durch Überlegungen bestimmt seien, also der Ausfluß eines mit Bewußtsein begabten psychischen Vermögens". Er findet aber nun auch weiter, „daß auch diejenigen Organe der Thiere, auf deren Arbeit die bewußte Seele keinen Einfluß übt (also die vegetativen), in analoger Weise wie das Gesammtthier den wechselnden

Verhältnissen gegenüber ihre Arbeit zweckmäßig reguliren". Hieraus schließt er weiter, daß ganz allgemein in den Organismen eine Analogie zwischen der zweckmäßigen Arbeit aller Organe und der Thätigkeit der denkenden, bewußten Seele besteht. Bei weiterer Diskussion dieser Folgerung gelangt er dann schließlich zur Aufstellung des Satzes, der die Grundlage seiner teleologischen Mechanik bildet, „daß die Ursache jedes Bedürfnisses eines lebendigen Wesens zugleich die Ursache (Veranlassung) der Befriedigung desselben ist", und glaubt hieraus die zweckmäßigen Handlungen in Pflanzen und Thieren erklären zu können. Gewiß, Herr Pflüger hat richtig erkannt, daß in diesem Trieb zu zweckmäßigen, auf die Wohlfahrt des Organismus selbst abzielenden Handlungen die Fundamentalerscheinung des Lebens liegt, daß hierin, wie schon Aristoteles es geäußert, eine Analogie (aber nicht mehr) zu den zweckmäßigen Handlungen der denkenden Seele des Menschen sich zeige; er irrt aber, wenn er glaubt, durch die Zurückführung dieser Thatsachen auf seinen Fundamentalsatz diesen Trieb zu erklären. Im Gegentheil, er verunstaltet ihn nur dadurch und macht durch eine fehlerhafte Umschreibung die an und für sich klare Thatsache dunkel und unkenntlich. Der Trieb bestimmt das Lebewesen nicht bloß dazu, eintretenden Bedürfnissen abzuhelfen, Verbrauchtes zu ersetzen, den entstehenden Mangel zu heben, nein, er erstreckt sich auch darauf, den Organismus und dessen Theile zu bestimmen, etwas, was noch gar nicht da ist, zu bilden, zu wachsen und sich zu entwickeln, Früchte zu bilden und sich zu vermehren, kurz alle jene Änderungen, Aus- und Umbildungen zu durchlaufen, die das Leben ausmachen, und dieses Alles, nicht um momentanen Bedürfnissen zu begegnen, sondern um diese oder jene Art eines lebenden Organismus darzustellen, nach einem fixen prädeterminirten Plane. Hierzu reicht aber eine „teleologische Mechanik" nicht aus. Herr Pfeffer gesteht dieses zu, macht sich aber auf leichte Weise an einer besseren Erklärung vorbei, indem er sagt: „daß gerade einer ‚teleologischen Mechanik' entsprechend die Pflanze reagirt und arbeitet, ist eine Eigenschaft, die wir ebenso gut wie andere ererbte Qualitäten als gegeben hinnehmen müssen." [1]

Gleichgültig an einer so wichtigen Frage vorbeigehen, heißt auf die Lösung der Frage über das Leben ganz verzichten. An ihr hängt in der That Alles. Ja, woher dieser das Ganze und alle Theile gleichmäßig und zweckentsprechend umfassende Trieb, woher das gegenseitige

[1] A. a. O. Einleitung S. 9.

Einverständniß der Theile? Wann hat je ein Chemiker so etwas an seinen Atomen und Molekeln beobachtet? Über die experimentelle Erfahrung will man sonst ja nie hinausgehen. Dadurch, daß Herr v. Nägeli die Atome zu eigenthümlichen Mosaikgebilden aus Micellcomplexen zusammenzaubert, hilft man sich — abgesehen davon, daß der Grund dieser Micellarconstructionen selbst nicht verständlich ist (S. 76) und daß die Micellen bislang *nur* in den Köpfen meist kühner Theoretiker existiren — über diese Schwierigkeit nicht hinweg. Wenn den einzelnen Molekeln und Atomen jede Anlage zu centralisirender Action abgeht und ihnen nur eine summarisch additive eigen ist, so können es Millionen wie immer combinirter Atome nicht weiter bringen als einzelne. — Herr v. Hanstein trifft deßhalb den Nagel auf den Kopf, indem er hinsichtlich dieser Schwierigkeit launig bemerkt: „Wenn den Atomen und Molekeln nicht gleichzeitig Werkmeister mitgegeben werden, wenn nicht unter den gewöhnlichen handwerksmäßigen Formmolekeln auch Aufseher, Polizisten und Sklavenvögte eingreifen, welche durch ihre höhere, die Krystallisation (?) im Ganzen beherrschende, leitende, regelnde Befähigung und Macht planmäßige Ordnung schaffen, so ist mit Atomen und Molekeln, man mag sie aufstellen und zusammenordnen, wie man will, nichts gewonnen.“ [1] Wo in aller Welt finden wir aber solche Oberatome und Obermolekeln mit bevorzugter Talentirung und ausgesprochenem Regierungstalent? Wollte sie aber Jemand als besonders glückliche Streber aus dem gemeinen Proletariat hervorgehen lassen, so gelangte er bei der Erklärung eines kleinen, schwerbegreiflichen Naturwunders zur Aufstellung eines wunderbaren, unbegreiflichen Monstrums.

Nur in dem einen Falle vielleicht könnte man von Atomen direct zu *irgend einer Art* von Organismus gelangen, wenn nämlich die Atome eine Befähigung hätten, gleich der unserer geistigen Seele, die zwar mit einem stofflichen Leibe verwachsen, aber doch an Raum und Zeit nicht so gebunden ist, daß sie mit ihres Gleichen nicht nach allen Richtungen in vielfachen Rapport zu treten vermöchte, — die mit ihres Gleichen zu einem wohlgeordneten, planmäßigen Gemeinwesen sich verbinden könnte, welches, einem gemeinsamen Ziele entgegenarbeitend, die Verrichtungen unter die einzelnen Bürger verschieden vertheilt, sie ordnet und leitet. Ohne Zweifel hätte man so etwas Einheitliches, Centralisirtes, das mit einem wahren Organismus Vergleichungspunkte bietet, aber nie und nimmer

[1] Das Protoplasma. S. 156.

jenes constante, geschlossene Ganze, welches die Zelle und jede Pflanze darstellt und durch seine Bildung, Erhaltung und Fortpflanzung überall einen so wohl markirten Typus bekundet, — man hätte mit Einem Worte einen Atomstaat aus geistigen, bewußten, freithätigen Atomen, der zu dem wirklichen Zellorganismus in demselben Verhältnisse stände, wie etwa das Königreich Italien zu dem Leibe eines gesunden Italiano. Also selbst seelenvolle Atome lassen den Erklärer im Stich. Sie sind aber ja selbst ein Unding. Auch für den Fall, daß ihre Annahme scheinbar zu einer Organisation des Stoffes führte, kämen wir mit ihnen doch nur vom Regen in die Traufe. Wie schon S. 58, wo wir ebenfalls auf dieses sonderbare Auskunftsmittel zu sprechen kamen, bemerkt worden, wollen wir diesem Hirngespinnste im polemischen Theile einen besonderen Abschnitt widmen.

Verhältniß zwischen Lebenskraft und Materie. — Man mag sich drehen und wenden, wie man da wolle, die einzige Lösung des „Lebensräthsels" der Pflanzenzelle und des Organismus überhaupt ist und bleibt die Lebenskraft, die Annahme eines Agens, das nicht aus der Materie erwächst, das von ihr verschieden ist und eine Wirksamkeit höherer Art und ganz anderer Ordnung entfaltet; eines Agens, das aber dennoch mit der Materie auf das Innigste verwachsen ist und auf Grund dieser Verschmelzung mit ihr die lebendige Organisation sowie alles, was mit dieser zusammenhängt, hervorbringt. Versuchen wir nun dieses Verhältniß, unter Benützung der durch die Erfahrung dargebotenen Daten, weiter zu entwickeln. — Atome und Molekeln werden in den Organismus aufgenommen und zu dessen Bildung und Arbeit mannigfaltig verwerthet; dieses lehrt die tagtägliche Erfahrung. Ohne Zweifel gibt es auch in dem Organismus, nachdem er gebildet ist, Atome mit chemischen Verbindungskräften und chemische Reactionen, rein materielle Spannkräfte der verschiedensten Art und Bewegungen, die durch diese vermittelt werden; die concreten und exacten Beobachtungsresultate, auf die wir im zweiten Abschnitte hingewiesen, lassen sich anders wohl nicht deuten. Trotz alledem wirken die Atome im Organismus, wie wir schon mehrmals hervorgehoben, in vielen Stücken anders als außerhalb desselben und versteigen sich zu Effecten, deren sie sonst unfähig sind. Alles Regen und Weben im Organismus ist, wie der Organismus selbst, eine Verschmelzung einer doppelten Wirksamkeit, nämlich derjenigen der Atome und derjenigen der Lebenskraft. Erstere ist untergeordnet, letztere übergeordnet und Alles beherrschend; erstere ist, wie alle Action der

Stoffmassen, eine ebenso vielfache Summenwirkung, als die Zahl der thätigen Atome beträgt; letztere ist eine einzige und in sich ungetheilt, das in sich getheilte materielle Substrat einigend und höher individualisirend; erstere bestimmt die gesammte charakteristische Thätigkeit des Organismus, letztere gibt sich ganz dazu her, um in Folge dieser Bestimmung zu jener Thätigkeit beizutragen. Sind also auch die Atome im Organismus noch vorhanden, so arbeiten sie doch nicht mehr selbständig und auf ihre frühere Weise; sie folgen auf Schritt und Tritt nur mehr dem einheitlichen Impulse der mit ihnen zu einem Individuum verbundenen Lebenskraft, welche sich denn auch ihrer ganz und gar bemächtigt und, sie ausnützend, mit ihnen und durch sie den Organismus seinem Ziele entgegenführt. Diesen Impuls dürfen wir uns indessen nicht als einen mechanischen denken, etwa als ein Schieben, Drücken, Ziehen der Atome; dazu fehlen dem Dinge, welches wir Lebenskraft nennen, jedenfalls die Anlagen; sie ist ja selbst keine Materie, wie die Atome, und zu hochgeboren, um der Materie gegenüber die Dienste eines Lastträgers oder Handlangers zu verrichten. Ihr Einfluß auf die Materie muß ganz anderer Art sein, wenn wir dieselbe auch hier noch nicht genauer feststellen können. — Durch das schon mehrmals gebrauchte Gleichniß einer Maschine, z. B. einer Locomotive oder einer Taschenuhr, läßt sich das eben bezeichnete Verhältniß zwischen Materie und Lebenskraft anschaulicher machen. Stahl und Eisen, Kupfer und Messing, Glas und Holz, kurz verschiedene Rohstoffe bilden das Material zur Herstellung der Maschine und entsprechen den Nährstoffen, aus welchen der Organismus seinen Leib formt. Um als passende Glieder zum Ganzen der Maschine zusammengesetzt und so zur Betheiligung an deren Verrichtung geeignet zu werden, müssen diese Materialien erst eine besondere Umgestaltung erfahren, die für einen und denselben Stoff eine sehr verschiedene sein kann, je nach seiner Verwendung. Aus dem einen Eisen müssen Achsen und Lager, Cylinder und Kolben, elastische Federn und Stäbe, gezahnte und ungezahnte Räder, Reife und Ringe, Scheiben und Röhren ꝛc. gebildet werden, lauter Formen, die in den Bereich des dem Stoffe eigenen Gestaltungstriebes ganz gewiß nicht fallen, sondern nur durch den Plan, der im Geiste des Erfinders seinen Sitz hat, bestimmt und durch die Arbeit des kunstgeübten Mechanikers verwirklicht werden. Die so umgeformten Rohstoffe, die jetzt den Eindruck eines höheren Agens klar und unverkennlich schon an der Stirne tragen, sind mit den assimilirten Stofftheilchen in Parallele zu setzen, welche als

fertige Bausteine den Organismus zusammensetzen. So wenig aber wie die Maschinentheile von selbst aus der Materie hervorgehen, ebenso wenig treten sie, nachdem sie planmäßig einzeln ausgestaltet worden, von selbst zu dem einen Mechanismus der Maschine zusammen. Diese Verbindung kann nur wieder derjenige bewirken, der ebenso die einzelnen Glieder, wie das Ganze ihrer Bestimmung und Zusammengehörigkeit nach erfaßt hat und durchschaut. Steht dann endlich die ganze Maschine wohl gefügt und gut geordnet fertig da, als ein Meisterwerk der Kunst, welches seine Möglichkeit und Verwirklichung nur der Oberherrschaft der Idee über die Materie und der Bewältigung der Materie durch die vom Ideal geleitete Hand des Künstlers verdankt, so ist und bleibt sie dennoch in sich nichts als eine todte Stoffmasse. Wie jeder andere Stoff starr und träge und nur nach Starrheit strebend, liegt es nicht in ihrer Macht, sich selbst zu bewegen und jene Vorgänge selbst zu veranlassen, zu deren Ausführung sie erfunden und construirt wurde. Eine Taschenuhr, die selbst sich aufzieht, eine Locomotive, die selbst mit dem nöthigen heißen Wasserdampfe sich versorgt, wird trotz aller der noch möglichen Fortschritte der Kunst und Wissenschaft, niemals entdeckt werden, noch viel weniger als das Perpetuum mobile, über das die Academie der Wissenschaften von Paris vor vielen Jahren schon endgiltig den Stab gebrochen. Durch die geschickte Combination ihrer Theile wird die Maschine einzig dazu qualificirt, eine *von Außen* ihr mitgetheilte Bewegung aufzunehmen, in bestimmte Weise umzuformen und dann wieder nach Außen abzugeben, was principiell ja jeder Stoff zu thun vermag. Früher oder später verfällt sie immer wieder in den Zustand der Ruhe und des Gleichgewichtes, in welchem sie dann als in dem ihr von Natur aus zukommenden Zustande verharrt, bis er von Außen her wieder gehoben wird. Damit haben wir den fundamentalen, ebenso tief dringenden als weit klaffenden Unterschied berührt, welcher Maschine und Organismus, ungeachtet all der vielen offenbaren Analogien, trennt. Die Maschine erhebt sich eben nicht über das Niveau eines *Mechanismus*. Wohl wird in ihr die Materie durch ein höheres übermaterielles Princip zu einem neuen Ganzen umgeformt, dieses Princip steht und verbleibt aber außerhalb der Materie und der Maschine; die Maschine ist, wir mögen sie im Ganzen oder in ihren Theilchen betrachten, reine Materie und nichts mehr; die thatsächliche Vereinigung der Theile wird rein mechanisch bewirkt durch die Atom- und Molekelkräfte. In dem Organismus dagegen hat sich der bildende Mechaniker sammt dem Maschinisten, welcher die Maschine in Gang

bringt und darin erhält, dem Stoffe der Maschine incorporirt; der Stoff der Maschine ist dessen eigener lebendiger Leib. Die als Bildnerin, Bewegerin und Leiterin thätige Lebenskraft ist zwar *von der Maschine* verschieden und dem Range einer höheren Kategorie angehörend, aber nicht etwas Anderes als der *Organismus*; sie ist zum Theil der Organismus selbst. Denn der Organismus bildet in Wahrheit sich selbst; er bewegt sich selbst; er leitet und bestimmt alle seine Bewegungsrichtungen. Das bedingt doch fürwahr einen himmelweiten Abstand. Die Lebenskraft ist auch nicht etwa nur ein „Spiritus rector", der gewissermaßen innerhalb des Organismus ätherisch die Stoffpartikeln umschwebt und von der Materie selbst unabhängig ihre Atome und Molekeln unsichtbarer Weise führt und festhält, wie etwa der Wagenlenker in grober und sichtbarer Weise seine Rosse. Nein, Materie und Lebenskraft machen thatsächlich zusammen nur ein lebendiges Ding, ein einziges thätiges Ganzes aus, so innig und wesentlich mit einander verwachsen und gegenseitig von einander abhängig, daß keines ohne das andere auch nur die geringste der Verrichtungen ausführen kann, die dem lebendigen Organismus eigenthümlich sind. Wie in dem Handeln, so sind beide auch in ihrem Bestehen mit derselben Nothwendigkeit auf einander angewiesen. Denn erfahrungsgemäß hat ohne Materie ein Lebensprincip weder in Thieren noch in Pflanzen Bestand, und ohne Lebensprincip besteht niemals eine organisirte lebendige Materie. Erinnern wir uns nur an die oben vorgebrachten Thatsachen! Sie erheben es über jeden Zweifel, daß das Lebensprincip so sehr dem Stoffe inhärirt und in seiner Existenz von ihm abhängt, daß es nur vermittelst der organisirten Materie auf neue Individuen übertragen werden kann, daß es mit der Materie bis zu einer gewissen Grenze getheilt wird und selbst auch mit der Vermehrung des organisirten Stoffes sich vermehrt. Selbst keine Materie und nicht materiell sich bewegend, befähigt sich das Lebensprincip durch die in die individuelle Wesenseinheit aufgenommene Materie, alle materiellen Eigenthümlichkeiten, Kräfte und Bewegungen wirklich, aber in vervollkommneter Weise, zu äußern. In all dem zeigt sich sonnenklar, daß von einer nur äußerlichen, accidentellen Verbindung zwischen Lebenskraft und Materie im lebendigen Organismus die Rede nicht sein könne. Die einzige Verbindungsart, welche allen Thatsachen gerecht wird, kann nur jene sein, welche die Philosophen die *substantiale* nennen. Dieses sei der letzte Markstein in der Kette unserer aposterioristischen Folgerungen.

Nachdem wir die Lebenskraft der Sache nach klargestellt haben,

möge noch eine Bemerkung über das Wort eine Stelle finden. Wenn man unter dem Wort „Kraft" weiter nichts versteht, als den thatsächlichen adäquaten Grund irgend einer Erscheinung, und speciell unter dem Wort „Lebenskraft" den wirklichen, vollen Grund der Lebenserscheinungen, so könnte man die Bezeichnung „Lebenskraft" noch gelten lassen. Die gewöhnliche Bedeutung des Wortes „Kraft" ist aber eine viel beschränktere. Unter Kraft pflegt man nämlich die Befähigung eines existirenden, fertigen Dinges auszudrücken, irgendwelche Wirkungen hervorzubringen. So spricht man von Denkkraft, Sehkraft, Flugkraft, Tragkraft u. s. w. Es bezieht sich also dieses Wort nur auf ein dem Dinge inhärirendes Vermögen, sei dieses ein natürliches und unveräußerliches, das aus der Natur des Dinges von selbst sich entwickelt, wie die Denkkraft und Sehkraft des Menschen, die Flugkraft eines Vogels, oder sei es nur ein vorübergehender Zustand, der nicht aus der Natur des Dinges erwächst, sondern von Außen ihm verliehen und von einem Dinge auf das andere übertragen werden kann, wie die Flugkraft einer aus dem Kanonenrohre fliegenden Kugel. Die letzte Bedeutung ist in der Physik und Mechanik die allein gebräuchliche und scheint überhaupt die nächstliegende zu sein. In beiden Bedeutungen paßt aber das Wort „Kraft" durchaus nicht auf dasjenige, was wir als Lebensgrund erkannt haben. Dieser ist ja nicht ein reines Vermögen irgend eines fertigen Dinges; er ist das Ding selbst seiner Substanz nach, ein Ding jedoch, das nicht für sich und in sich allein bestehen kann, sondern nur in Verbindung mit der in den Organismus aufgenommenen Materie, ein Ding, das erst dadurch, daß es mit der Materie zum lebendigen Organismus sich auswirkt, in diesem eine fertige Substanz darstellt. Die Worte „Pflanzenseele", „Thierseele" wären deßhalb gewiß viel bessere Bezeichnungen, weil die Seele des Menschen in einer ganz ähnlichen Beziehung zur Materie und zum Menschenleibe steht. Da indessen in der menschlichen Seele die Fähigkeit liegt, für sich und ohne Körper existiren zu können, dürfte das Wort „Lebensprincip" zur Bezeichnung des belebenden Grundes in Pflanzen und Thieren vorzuziehen sein

Erlauben uns die positiven Erfahrungen sowohl auf die Existenz und Natur des Lebensprincipes, als auch auf seine Vereinigungsweise mit der Materie, soweit als wir es in Obigem gethan haben, zu schließen, so lassen sie uns sofort im Stich, wenn wir zu weiterer Klarstellung der Frage die tiefere Natur des Lebensprincipes und die Art seiner substantialen Verbindung mit dem Stoffe in sich selbst von einem

höheren Standpunkte aus betrachten wollten. Wir müßten zu dem Ende mit beiden Füßen auf das Gebiet der reinen philosophischen Discussion hinüberschreiten. Unsere Absicht war es aber, nur bis an dessen Grenze vorzudringen und den Beweis dafür zu erbringen, daß die scholastisch-dualistische Lebensauffassung mit den Ergebnissen der Naturforschung nicht bloß vereinbar sei, sondern von ihnen als die einzig richtige geradezu gefordert werde. Für alle diejenigen, welche die Lehren der alten Philosophie kennen, haben wir darüber kein weiteres Wort zu verlieren; sie haben deren Übereinstimmung mit unseren Folgerungen klar herauslesen können. Für die anderen aber, welche mit der dualistischen Lebensauffassung der Scholastik nicht vertraut sind, mag es genügen, die Bestätigung der Lehren eines Albertus Magnus und Thomas von Aquin durch die neueren Experimentalunterſuchungen hervorgehoben zu haben. Wollen sie genauere Belehrung über diesen Punkt sich verschaffen, so erlauben wir uns, sie auf philosophische Schriften zu verweisen [1].

Wenn wir auch bisher überall nur darauf bedacht waren, eine Lebensauffassung zu gewinnen, die sich von selbst unmittelbar und nothwendig aus der objectiven Beurtheilung der Naturgegenstände im Lichte der exacten Forschung ergibt, so gestehen wir doch gerne, daß wir das Lebensprincip, dessen Existenz und Wirksamkeit wir bewiesen haben, uns dennoch nicht sinnlich vorstellen können, ebenso nicht dessen Verschmelzung mit der Materie zum lebendigen Organismus. Wir können weder das Princip selbst noch dessen Wirkungen messen oder wägen und einem Calcül unterbreiten. Gewiß, das ist wahr. Aber ebendeßhalb ist das Lebensprincip in sich auch keine Materie und kann es nicht sein. Ist es aber darum etwas ganz Dunkles und Unbegreifliches? Wer wollte das behaupten? Seinen materiellen Wirkungen nach haben wir es ja klar erkennen und fassen können. Wenn wir es also auch mit den Sinnen nicht direct in sich erreichen, so können wir es doch mit Hilfe unseres höheren Erkenntnißwesens aus dem sinnlich Erkannten deutlich herauslesen, klar denken und in scharfen Umrissen geistig objectiviren. Allerdings, wenn man, im modernen Forscherdogmatismus befangen, von vornherein decretirt: Alles, was nicht durch chemische Analyse als greifbares, wäg-

[1] Vgl. z. B. Pesch, Philosophia natural., lib. I. disp. III. A. Stöckl, Lehrbuch der Philosophie, 2. Abtheilung. C. Gutberlet, Die Psychologie, 2. Abtheilung.

bares Etwas isolirt, was nicht mit Schwefelsäure und Kalilauge auf seine „Natur" geprüft werden kann, das ist eitel Hirngespinst und existirt nicht — wenn man im flagrantesten Widerspruch mit der eigenen Handlungs- und Untersuchungsart hartnäckig läugnet, daß das geistige Auge in den Naturkörpern mehr wahrnehmen könne, als das sinnliche Auge, und wenn man deßhalb statt Erklärungen überall nur unlösbare Räthsel findet — wenn man auf die universelle Fassungskraft des Geistes freiwillig verzichtet und den Frei- und Edelgebornen in den engen, dunklen Käfig einer einseitigen Experimentalforschung einsperrt: dann freilich wird man die Folgerungen, zu denen wir gelangten, für werthlos halten. Doch sind sie deßhalb, und sollten auch tausende so gesinnter Forscher es aussagen, überhaupt ohne Werth? Dann ist auch der Diamant darum werthlos, weil ein dummer Indianer ihn für einen gemeinen Stein hält, oder es sind die Dinge überhaupt deßhalb nicht sichtbar, weil alle jene, die ihre Augen mit einer dicken Binde verschließen, dieselben nicht sehen oder sehen wollen. Traurig ist es freilich, wahrnehmen zu müssen, wie die Verblendung und Unfähigkeit in Bezug auf die Erkenntniß übermaterieller Gegenstände in unseren Tagen so weit um sich gegriffen hat, daß selbst tüchtige Köpfe so kolossalen Aberwitz ruhig und getrost für Weisheit halten!

Neben dem Drange nach empirischer Erkenntniß der sichtbaren Welt wohnt in unserem Innern ein noch kräftigeres Streben nach idealer Durchdringung der empirischen Resultate, nach einem geistigen Aufsteigen über die Schranken des Sinnlichen hinaus zu den übersinnlichen Ursachen, zu einer unsichtbaren Welt. Letzteres aber ist es, was den Menschen besonders adelt, was ihn weit über das Thier erhebt und den rein geistigen, unkörperlichen Wesen nähert.

Bei richtiger Würdigung des Menschengeistes dürfte es wohl nicht ungerechtfertigt erscheinen, wenn man die einseitig exclusive Empirie mit der Arbeit eines blinden Maulwurfs vergleichen wollte, der voll Eifer seine Labyrinthgänge ausscharrt und in hundert Hügelchen die fein zertheilte Erde zu Tage fördert; die auf der Erfahrung fußende, allseitig sich ausweitende Geistesforschung aber mit dem Ausschauen des Adlers, der spähend hoch in den Lüften sich wiegt:

Über Berge, über Seen
Kreisend schwebt der stolze Aar;
Aus des Äthers lichten Höhen
Sieht sein Auge sonnenklar

All die Auen, all die Fluren,
Alles, Jedes, — Groß und Klein.
Herrschend zwischen zwei Naturen,
Nennt er Erd' und Himmel sein;
Setzt auf jene nur die Klauen,
Hebt zu diesem kühn das Haupt. —
In die Geisteswelt zu schauen,
Ist dem Geiste nur erlaubt.

Schon vor 19 Jahrhunderten hat Platon ebenso gedacht. Schön und zutreffend hat er das durch sinnliche Vorstellungen bestimmte Wissen mit der Erkenntniß eines angefesselten Höhlenbewohners verglichen, der im matten Zwielichte eines außen brennenden Feuers nur die Schatten der vorüberziehenden Gegenstände wahrnimmt; das durch die Vernunft aus dem Sinnlichen geschöpfte Erkennen dagegen mit dem Sehen jener, die im hellen Lichte der Sonne wandeln.

Gehen wir nun dazu über, die Kraft unserer Resultate im offenen Kampfe zu erproben, indem wir sie direct gegen die Haupterklärungen des Lebens wenden, die man der dualistischen entgegengestellt hat. Dieses wird uns Gelegenheit verschaffen, nicht bloß von ihrem Werthe uns noch mehr zu überzeugen, sondern auch sie nach verschiedenen Richtungen hin selbst noch weiter zu entwickeln.

Zweiter Theil.

Kritik der antidualistischen Lebenstheorien.

Wollten wir alle Steine aufheben, die man auf die Lebenskraft geworfen, so würden wir wohl nie an ein Ende kommen. Es wäre aber auch ein ganz undankbares Unterfangen. Die Mehrzahl der gegen sie vorgebrachten Beschuldigungen ist nämlich weit eher dazu angethan, den Ruf der Kläger zu beeinträchtigen, indem sie von deren Unkenntniß oder Böswilligkeit Zeugniß geben, als das Ansehen der Lebenskraft zu schädigen. Durch die Erklärungen, die wir im ersten Theile gegeben, wurde überdieß allen Einwänden das Fundament untergraben und dadurch eine allgemeine indirecte Widerlegung für alle geboten. Wir haben es deßhalb in diesem Theile keineswegs darauf abgesehen, einer möglichst großen Zahl von Angriffen zu begegnen. Wir werden vielmehr suchen, dadurch, daß wir wenigen Hauptversuchen des Angriffes die Stirne bieten, alle untergeordneten Anfechtungen wie mit einem Schlage zurückzuweisen. Bei dieser Abwehr werden wir dann gleichzeitig darnach trachten, neue Anhaltspunkte zu gewinnen zur genaueren Feststellung unserer bisher gewonnenen Daten über das Lebensprincip.

Auf drei Wegen bemüht man sich, dem Lebensprincip tödtlich beizukommen. Entweder unternimmt man die Aufgabe, das Leben aus der chemischen Zusammensetzung und Wirkungsweise zu erklären — und dieses ist jedenfalls der gröbste und ungeschickteste Sturmlauf; oder man verlegt die Eigenthümlichkeit des Lebens nicht in die besondere chemische Natur des lebendigen Stoffes, sondern in die eigenartige Zusammenordnung der Stofftheilchen — dieses ist schon verfänglicher und bildet heute die gewöhnliche Grundanschauung der naturwissenschaftlichen Lebenserklärer; oder endlich man gesteht, daß rein chemische und physikalische Kräfte zum Leben nicht ausreichen und schreibt darum den Atomen oder Molekeln seelische Kräfte zu. Wir können diese drei Lebensauffassungen als

chemischen, physikalischen und psychischen Materialismus signalisiren. Denn das Hauptmoment der Erklärung liegt bei allen dreien darin, daß sie von dem Satze ausgehen: das Lebendige könne nichts als gewöhnliche Materie sein. Diesen drei Klassen von Antivitalisten reiht sich dann eine vierte von eigenartiger Stellung an, die in letzter Zeit unter der Ägide des Herrn du Bois-Reymond das Leben als unlösbares Räthsel hinstellt und — nach den verschiedenen Auslassungen in der neueren Literatur zu urtheilen, — täglich mehr Anhänger gewinnt. Wir fügen diese Theorie als „Nihilismus" den drei Arten von Materialismus bei.

Erster Abschnitt.

Chemischer Materialismus.

„Seitdem Wohler 1828 den Harnstoff zum ersten Male künstlich im Laboratorium dargestellt hat, ist die Annahme einer besonderen Lebenskraft unnöthig geworden." So hörte ich vor zwei Decennien vom Katheder der Hochschule herab und las ich dann später immer und immer wieder in sonst gut renommirten Schriften und Büchern. Denn dieser speciöse Satz ist in Einleitungen zur organischen Chemie oder zur Physiologie nachgerade zur stehenden Phrase geworden. Richtig verstanden hat er zwar wenig Sinn und Bedeutung; wird er aber so genommen, wie es meistens geschieht, so ist er voll des Unsinns und Irrthums. Gewiß, nachdem es den Chemikern gelungen, seit 1828 jedes Jahr zahlreichere Substanzen aus jener Klasse darzustellen, die man früher nur aus pflanzlichen und thierischen Organismen beziehen konnte, ist ja ganz selbstverständlich damit die ältere Meinung, als ob die organischen Stoffe nur im lebendigen Organismus zu Stande kommen könnten, beseitigt. Dieses und nicht mehr, ist man befugt, in obigen Satz hineinzulegen. Soll er aber, wie das intendirt wird, die Annahme einer Lebenskraft überhaupt als verwerflich und ungereimt hinstellen, so schießt er meilenweit neben das Ziel. Oder was folgt denn daraus, daß sehr viele der Stoffe, welche vom lebendigen Organismus erzeugt werden, heute auch als Product des Laboratoriums bekannt sind? (S. 31.) Doch nur das Eine, daß die Bildung dieser Stoffe im Laboratorium ohne Mitwirkung einer besonderen Lebenskraft geschehen könne. Mit Nichten aber darf aus der künstlichen Darstellung organischer Stoffe —

und hätte man auch alle Substanzen, die im Thier- und Pflanzenleibe vorkommen, wirklich schon reproduzirt — geschlossen werden, daß diese Stoffe deßhalb auch im lebendigen Organismus von selbst und ohne Dazwischenkunft einer besonderen Kraft entstehen müssen. Ja, die positiven Thatsachen liegen so, daß sie einen solchen an und für sich unberechtigten Schluß auch von Seite der Erfahrung her in das ungünstigste Licht stellen. Sehen wir uns die Sache im Einzelnen genauer an.

Wenn der Chemiker organische Stoffe aus anorganischem Material erzeugt, so bilden sich diese Stoffe für's Erste keineswegs so ganz von selbst aus der Materie heraus, zumal nicht, wenn es sich um endothermische Processe handelt, welche, wie wir gesehen, in der Assimilation der Pflanze vorherrschen. Nachdem der Chemiker die atomistische Zusammensetzung der darzustellenden Substanz zuvor ermittelt und auf Grund derselben seinen Operationsplan entworfen hat, nach welchem er bei dem Darstellungsversuch vorangehen will; so hat er eine Reihe von Hilfsmitteln: die verschiedensten Apparate, Wärme, Elektricität und andere Agentien zur Mitwirkung herbeizuziehen und während der ganzen Arbeit selbst die Hände anzulegen, mit Geist und Sinnen Alles zu überwachen, zu ordnen und zu leiten. Bei alledem gelangt er dennoch sehr oft erst nach vielen mißglückten Versuchen zum erstrebten Ziel. An der künstlichen Darstellung des Indigofarbstoffes arbeitete Herr Adolf Bayer im Vereine mit anderen Chemikern 15 volle Jahre! Wie ganz anders aber vollzieht sich die Bildung derselben Stoffe in der Pflanzenzelle! In ihr steckt kein dirigirender, wissenschaftlich gebildeter Chemiker, kein kunstgeübter Operateur, um den vielen Neubildungen als Geburtshelfer zu assistiren, da ist nichts, was an Retorten, Lampen, Kolben und Öfen erinnerte; ja, nicht einmal merkliche Wärmevariationen oder kräftige Elektricitätsströme machen sich geltend. Ohne auffällige Nebenumstände und unmerklich, in größter Stille und Ruhe, gleichsam spielend und doch mit größter Sicherheit und Bestimmtheit werden in der winzigen Pflanzenzelle die Elementaratome zu den schwierigsten Combinationen hinaufgearbeitet (S. 28 ff.). Wenn somit in den Zellen jene Stoffe, welche der Chemiker darstellt, auch entstehen, so ist jedenfalls der concrete Bildungsproceß hier und dort gänzlich verschieden. Nur das Endproduct ist das gleiche; der Weg dazu und fast immer auch der Ausgangspunkt ist ein ganz anderer. Wie sollte nun da noch die künstliche Darstellung einiger organischer Substanzen beweisen, daß in den Pflanzen und Thieren

diese Stoffe von selbst aus der Materie sich entwickeln? Das thun sie ja selbst auch im Laboratorium nicht. Oder soll denn die Arbeit, die Kunst und der Scharfsinn des Chemikers, soll die geschickte Combination seiner technischen Hilfsmittel gar nichts werth sein? Die Chemiker dürften gerade am wenigsten geneigt sein, diese Einflüsse gleich Null zu setzen. Dieselben müssen in der Zelle nothwendig durch einen äquivalenten Factor ersetzt werden. Wenn dieses nun die Lebenskraft nicht sein soll, so mögen die Materialisten sich herbeilassen, uns einen anderen, der genügen könnte, zu bezeichnen, bevor sie der Lebenskraft das Grablied singen.

Doch gesetzt auch, die einzelnen chemischen Neubildungen und die einzelnen chemischen Processe in der lebendigen Zelle vollzögen sich ganz und gar ohne Mitwirkung einer besonderen Lebenskraft, so wäre damit noch nicht die lange, vielverzweigte und harmonisch gegliederte Kette von Reactionen erklärt, aus denen sich die vegetative Assimilation und Desassimilation zusammensetzt (S. 29 u. 33). Diese aber hat bis jetzt noch kein Chemiker auch nur bruchstückweise einzuleiten vermocht. Bevor jedoch dieses geleistet ist, darf sicher Niemand ernstlich behaupten, die chemischen Wirkungen der Organismen künstlich nachbilden zu können. Ein Schusterlehrling, der es eben dazu gebracht hat, Pechdraht zu ziehen und das Leder zu klopfen, wäre ein dummer Tropf, wenn er sich deßhalb einbildete, nun auch schon einen richtigen Stiefel machen zu können. Und doch könnte das eher geschehen, als es für den Chemiker möglich ist, die volle Nachbildung des ganzen Stoffwechsels in der Pflanzenzelle zu bewerkstelligen. — Und sollte der Chemiker dereinst auch durch seine Einwirkung auf die Materie und durch seine Mitwirkung mit derselben etwas Analoges zu diesem Stoffwechsel hervorbringen, so bliebe trotzdem der in jedem Organismus von selbst sich auswirkende beständige Umgestaltungsstrom nach wie vor ein unumstößliches Beweismoment für das Wirken eines übermateriellen Agens (S. 37 und 57). — Wir können indessen auch dieses Beweismoment unbeachtet lassen, ohne deßhalb die Existenz der Lebenskraft schon preiszugeben. Denn würde auch der ganze Chemismus im belebten Stoffe, insofern er eine lange geschlossene Reihe von Stoffbildungen besagt, eine überatomistische Kraft nicht verlangen, so wäre eine solche doch lange noch nicht unnöthig geworden. Die in der Stoffausgliederung gelegene Organisation würde eine solche immer noch unabweisbar fordern. Wir haben ja in den Pflanzen und Thieren nicht bloß einen beliebig zusammengewürfelten Haufen organischer Substanzen. Nein, ein besonderes Charakteristicum der belebten Materie

ist es vielmehr, nicht bloß organische Stoffe zu enthalten, sondern zudem „organisirt" zu sein, d. h. die organischen Substanzen in einer so eigenartigen Lagerung, Anordnung und Gliederung zu enthalten, daß wir für sie das eigene Wort „Organisation" gebrauchen, eine Lagerung, Anordnung und Gliederung, welche die materielle Vorbedingung zu einer ebenso eigenthümlich geordneten, vielfach gegliederten und harmonischen Thätigkeit bildet, die als Ganzes eben das Leben heißt und über alle Atom- und Molekelthätigkeit weit hinausgreift (S. 52—58 und 95 ff.). Wenn unsere Gegner, die das Lebendige für gewöhnliche Materie erklären, welche der Chemiker auch künstlich erzeugen könne, in ihre Lebensansicht Vertrauen setzen, so mögen sie doch das Problem ernstlich in Angriff nehmen, nicht bloß einzelne organische Substanzen, sondern einen ganzen Organismus im Laboratorium durch chemische Synthese herzustellen. Wir sind mit der allerniedrigsten Sorte, etwa mit einer Monere Häckels, vollständig zufrieden. Bis jetzt haben die Chemiker dieses nicht versucht. Warum denn nicht? Die Trauben scheinen zu sauer zu sein. Und doch nur in dem einen Falle, daß sie irgend einen lebendigen Organismus erzeugten, könnte die künstliche Darstellung organischer Substanzen eine bedenkliche Schwierigkeit gegen die Lebenskraft begründen. Einzelne im Laboratorium fabrizirte organische Substanzen sind dagegen höchst ungefährliche Thatsachen. Sie berühren die Frage über die Existenz einer Lebenskraft nicht einmal, und der Appell an diese Laboratoriumserzeugnisse ist ein blinder Schuß in's Blaue, der nur sehr schwache Köpfe schrecken kann.

Der frechen, kühndummen Aussprüche eines Büchner, Moleschott, C. Vogt u. A.: „Ohne Materie kein Leben; ohne atomistisch-molekulare Veränderung keine Lebensthätigkeit; der Veränderung der ersteren ist die letztere quantitativ proportional: also ist Leben und Lebensthätigkeit nur eine gesetzmäßige Function der Materie" sei nur im Vorübergehen gedacht. Bei den Lesern dieser Schrift könnte eine eingehende Widerlegung eher anstoßen. Mit viel mehr Recht könnten diese Herren sich sagen: „Ohne Papier und Druckerschwärze werden keine Bücher gemacht, der Verbrauch beider ist mathematisch genau proportional dem Werthe des Buches; also sind unsere Bücher nichts als Papier und Druckerschwärze." Und gewiß, sie hätten besser gethan, einen Ballen Papier und einen Topf Schwärze in die Druckerei zu schicken, als ihre Geisteselaborate von mehr als zweifelhaftem Werthe. Wenn nun aber die plumpen Auslassungen dieser Herren trotzdem eine so allgemeine über-

aus günstige Aufnahme gefunden haben[1], so offenbart uns diese Thatsache eben leider nur den traurigen Abgrund von blöder Geistesarmuth und sittlicher Gehaltlosigkeit bei einem großen Theil der heutigen bücherlesenden Menschheit.

„In bunten Bildern wenig Klarheit,
Viel Irrthum und ein Fünkchen Wahrheit;
So wird der beste Trank gebraut,
Der heute, ach, erquickt und auferbaut."

Lassen wir derartige Angriffe, welche die tendenziöse Verdrehung der Wahrheit hinter allgemeine Phrasen verstecken und durch ebenso dreiste als galante Sprache den Leser zu „fasciniren" oder „sonambulisiren" suchen, auf sich beruhen, und wenden wir uns ernsteren Lebenserklärungen zu, die in der allerneuesten Zeit zu Tage gefördert worden sind und unter Aufgebot strenger exacter Wissenschaftlichkeit in bestimmt faßbarer Gestalt an die Lebensfrage herantreten. Unter diesen dürfte die von den **Herren Löw und Bokorny** angestrebte Lösung einen hervorragenden Platz einnehmen.

Diese beiden Naturforscher veröffentlichten Ende 1881 eine Schrift unter dem Titel: „Die chemische Ursache des Lebens, theoretisch und experimentell nachgewiesen" (München), in der sie die Resultate ihrer Speculation und experimentellen Untersuchungen klar und bündig mittheilen. Die Kritik hat sich im Allgemeinen günstig über ihre Arbeit ausgesprochen;

[1] Unter den vielen Büchern, durch die L. Büchner den krassesten und seichtesten Materialismus in die weitesten Kreise getragen hat, wurde die Hauptschrift: „Kraft und Stoff" in Frankreich allein in mehr als 50,000 Exemplaren abgesetzt (G. A. Hirn); in Deutschland aber, wo schon 1876 die vierzehnte Auflage erschien, fand es gewiß noch größere Verbreitung. Wir stehen da vor einem wahren Räthsel. Ganz gewiß haben die Argumente keinen einzigen Leser wissenschaftlich überzeugt, kein einziger hat z. B. die „Wahrheit" des Satzes erkannt, daß der Gedanke nur eine bestimmte Vibration der Gehirnatome sei, ebenso wenig, als der Autor selbst. Und doch sagen sie es ihm nach, weil sie es entweder *blind* glauben oder vielmehr glauben wollen, da dieser Glauben zu ihrem Leben paßt. Der immense Absatz derartiger Vertheidigungsschriften des gottlosen Materialismus beweist aber auch, daß das große Heer der Ungläubigen ein viel größeres Bedürfniß verspürt, ihrem Unglauben einen wissenschaftlichen Anstrich zu geben, als die Gläubigen, ihre Überzeugungen durch Menschenweisheit zu stützen; daß jene viel weniger beruhigt sind über die ethischen Grundlagen ihres Sinnens und Trachtens, als diese. Jene werfen diesen zwar deßhalb geistige Versumpfung und Stupidität vor, welche sie hindere „weiter zu sehen, als ihre Nase geht", und sie antreibe, in blindem Dogmenglauben ihre Ruhe zu finden. Trifft in Wahrheit Beides nicht weit mehr bei den Adepten eines Büchner und Carl Vogt zu?

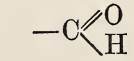
nur der letzten Schlußfolgerung begegnete man von der einen oder andern Seite mit etwas Zurückhaltung. Als dann der eine der beiden Verfasser, Dr. Löw, am 25. März 1882 vor der Anthropologischen Gesellschaft der bayerischen Königsstadt einen Vortrag über seine neue Lebenstheorie hielt, verfehlte die „Allgemeine Zeitung" nicht, sofort ein anerkennendes Referat über denselben zu bringen. Auch wir sind der Meinung, daß der Arbeit dieser beiden Forscher eine besondere Bedeutung nicht abgesprochen werden könne, insofern nämlich, als sie ganz dazu angethan scheint, vielen Staub aufzuwirbeln und grobe Irrthümer zu verbreiten. Doch zur Sache!

Die Verfasser glaubten ganz richtig, dadurch, daß man die Lebenskraft aus der Vorstellung der Biologen weggebannt, seien die factisch vorhandenen Eigenthümlichkeiten der lebenden Materie keineswegs schon erklärlicher geworden. Um die Wegdecretirung einer höheren Lebensursache zu rechtfertigen, müßte auch eine positive Erklärung „jener seltsamen, das lebende Protoplosma beherrschenden chemischen Thätigkeit" geboten oder doch wenigstens angebahnt werden. Dieß haben denn die beiden Verfasser wacker versucht, und wenn sie sich offenbar schmeicheln, daß der Versuch ihnen bestens gelungen, so finden wir dieses in etwa begreiflich. Sie werden es aber ebenso begreiflich finden, wenn wir ihnen nicht „blind glauben", sondern im Gegentheil es nicht bloß für ein Recht, sondern auch für eine Pflicht halten, ihre folgenschwere Theorie und deren experimentelle Bestätigung vorerst einer scharfen Kritik zu unterziehen. Zuerst die Theorie! Herr Löw erklärt sich ausdrücklich für ihren alleinigen Urheber.

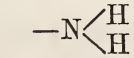
Auf rein materialistischer Basis fußend geht er von der Ansicht aus, daß der thatsächlich obwaltende Unterschied zwischen lebendigem und unbelebtem Stoff nur in einer durchgreifenden chemischen Verschiedenheit zwischen beiden Stoffreichen gesucht werden könne. Darum wundert er sich, daß bis zum Jahre 1875[1] nie der Gedanke eines solches Grundes laut wurde und fast alle Physiologen ruhig an der Anschauung festhalten

[1] Er verweist hier auf die „epochemachende Abhandlung" Pflügers in besagtem Jahre (Archiv für Physiologie Bd. 10. S. 251), welche in „streng logischem Gedankengange die Nothwendigkeit der chemischen Verschiedenheit zwischen lebendem und todtem Protoplasma betonte und so zum ersten Male an einem alten Dogma energisch rüttelte". Der Übergang vom Leben zum Tode wird hier von der Structuränderung des Eiweißmolekels abhängig gemacht, indem dessen „Cyangruppen in Amidogruppen" sich verwandeln.

konnten, „es herrsche hier völlige chemische Identität, obwohl in diesem Falle die Lebensursache kaum je erklärt werden könnte". Weil er es dann weiter für eine seit 50 Jahren ausgemachte Wahrheit hält, daß das pflanzliche wie das thierische Leben auf den Functionen eines und desselben Stoffes (!), nämlich des Eiweißes, beruhe, engt er die Lösung der Lebensfrage auf die eine Aufgabe ein, den chemischen Unterschied zwischen dem Eiweiß des lebendigen Protoplasma's und demjenigen des todten festzustellen. Schon in einer früheren Publication[1] hatte Herr Löw für die Constitution und Bildung des Eiweißes in den Organismen eine Hypothese aufgestellt, der zufolge das Eiweißmolekel eine bestimmte Anzahl von „Aldehydgruppen" enthalten sollte. Unter solchen Gruppen versteht der Chemiker eine eigene Combination zwischen 1 Atom Kohlenstoff (C), 1 Atom Sauerstoff (O) und 1 Atom Wasserstoff (H):



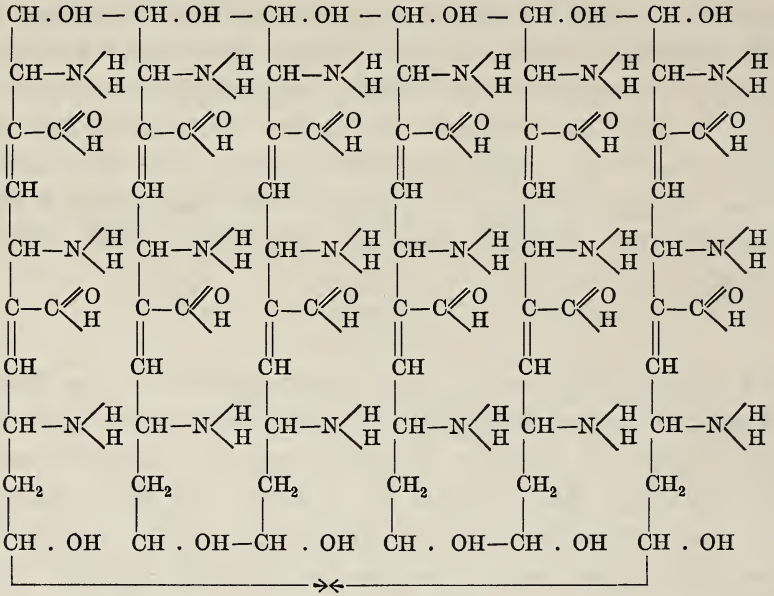
worin das Sauerstoffatom mit zwei Verbindungskräften[2], der Wasserstoff mit einer an das Kohlenstoffatom gekettet ist, während dieses selbst mit einer ihm noch restirenden Verbindungskraft an andere Kohlenstoffatome des übrigen Atomcomplexes sich angliedert, der eben dadurch zu einem jener Stoffe wird, die man „Aldehyde" nennt. Wie es nun schon längst bekannt war, ist es eine charakteristische Eigenschaft dieser Aldehyde, die Atome in der Aldehydgruppe mit der größten Leichtigkeit verschieben, anders binden und wirken zu lassen. Daher kommt es denn auch, daß sie an der Luft so schnell sauer werden oder in Säuren übergehen, daß sie sich so leicht polymerisiren oder condensiren, indem mehrere ihrer Molekeln zu einem zusammentreten, daß sie ohne Mühe mit anderen Stoffen sich verbinden lassen u. a. m. Diese durch die Aldehydgruppen verursachte chemische Beweglichkeit wird nach Herrn Löw im Eiweiß aber noch durch einen besonderen Umstand wesentlich erhöht. Unmittelbar neben den Aldehydgruppen befinden sich sogen. „Amidgruppen", die aus 1 Atom Stickstoff (N) und zwei Atomen Wasserstoff (H) bestehen:



[1] Pflügers Archiv für Physiologie Bd. 22. S. 503.

[2] Verbindungskraft, Bindewerth, Atomicität oder Valenz sind gleichbedeutende Worte und bezeichnen die Einheit der Kraft, durch welche die Atome sich chemisch binden. In den Formeln wird sie durch einen Strich zwischen den Atomzeichen ausgedrückt.

und, wie jeder Chemiker zugeben wird, die Labilität der Eiweißmolekel beträchtlich steigern müssen. Die Diskussion des vorliegenden chemischen und physiologischen Beobachtungsmateriales führte ihn nämlich dazu, für das Eiweißmolekel folgende Formel zu construiren, die wir den Lesern nicht vorenthalten dürfen. Denn in ihr gewinnt ja der Löw'sche Lebensodem seinen prägnantesten Ausdruck.



Jedes Molekel Eiweiß enthielte also 228 Atome: C_{72} H_{114} N_{18} O_{24} [1] und darunter nicht weniger als 12 solcher Störefriede von Aldehydgruppen. Deren reizbares Temperament würde dann durch 18 Amidogruppen noch sensibler gemacht. Herr Löw bemerkt aber ausdrücklich, daß in seinem Schema nur der möglichst einfache Ausdruck des Atomverhältnisses einstweilen als Molekelformel angenommen wurde und daß verschiedene Thatsachen es höchst wahrscheinlich machen, die wahre Molekel sei irgend ein Vielfaches der in obiger Formel enthaltenen Atomcombination, also in der That eine „Riesenmolekel" [2].

[1] Schon früher leiteten auch andere Chemiker, besonders Herr Lieberkühn, aus den quantitativen Analysen des Eiweißes fast genau dieselben hohen Atomzahlen für dessen Molekel ab. Die Lieberkühn'sche Eiweißformel ist C_{72} H_{112} N_{18} O_{22} S.

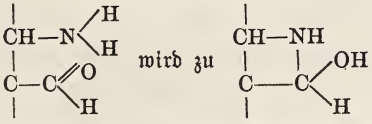
[2] Herr Pflüger war zuerst auf die Idee gekommen, das Eiweiß in dem ganzen Nervensystem in „eine Riesenmolekel" zusammenfließen zu lassen. Insoweit als er so die späteren Entwicklungen Kekulé's und Strasburgers über die netzförmige Verkettung der Molekeln anticipirte, ist gegen diese Riesenmolekel ebenso wenig zu erinnern,

An chemischer Complicirtheit, an der verschiedenartigsten Verwandelbarkeit und an hoher Spannkraft oder potentieller Energie fehlt es wahrhaftig der Löw'schen Eiweißmolekel nicht. Was lag da nun näher, als gerade in dieser eigenen Architektur des Eiweißes und speciell in seinen Aldehydgruppen den Stempel des Lebens zu vermuthen? Ihrer atomistischen Structur nach müssen sie ja nothwendig einen doppelten verschiedenen Zustand des Eiweißes bedingen: einen im höchsten Grade „activen", so lange die Aldehydgruppen intact bleiben, und einen „chemisch passiven", sobald durch irgend eine Änderung der Aldehydgruppen, dem Eiweiß seine hohe Beweglichkeit genommen worden ist[1]. Da nun aber weiter durch die mit dem activen Zustande gegebene chemische Beweglichkeit das Leben selbst bedingt wird, in der Unbeweglichkeit des passiven Zustandes aber die wahre Ursache des Todes zu suchen ist, so wäre durch die Aldehydnatur des lebendigen Eiweißes Leben und Tod glatt und greifbar erklärt. „Lebenskraft"[2] aber ist hiernach nichts Anderes als die durch die Aldehydgruppen gebotene Spannkraft, „Leben" die durch sie erzeugte energische Bewegung. So im Wesentlichen die Entwicklung der Theorie. Fürwahr, Einfachheit, Präcision und wissenschaftliche Eleganz kann ihr nicht abgesprochen werden. Das Leben steckt ganz und gar im lebendigen Eiweiß; lebendig aber ist das Eiweiß durch die Aldehydgruppen: also liegt das Leben in letzter Instanz in den Aldehydgruppen. Was will

---

als gegen letztere. Es wäre aber doch zu wünschen, daß diese über ein Pfund schweren Molekelkolosse nicht schlechterdings mit den Molekeln der Chemiker, die als unfaßbar klein angesehen werden, auf die gleiche Wage gelegt würden. Diese Riesenmolekeln sind gesetzmäßige Aggregate oder, wenn man will, Verschmelzungen von wirklichen Molekeln; diese sind chemisch individualisirte Atomcombinationen, jene physiologisch abgegrenzte Molekelaggregate. Wenn wir auch zugeben, daß factisch beide Stoffcombinationen in einander verlaufen, so sind sie doch begrifflich nicht gleich zu stellen.

[1] Den Übergang in den passiven Zustand, der beim Schwinden des Lebens sich vollzieht, also das Sterben, interpretirt Dr. Löw einfach so, daß aus den zwölf Amidogruppen je ein Atom Wasserstoff in die nächstliegende Aldehydgruppe übertritt nach folgendem Schema:



[2] Zum Worte „Lebenskraft" nach obiger Definition macht Herr Löw die Anmerkung: „Obgleich sich an dieses Wort das Odium eines früheren ganz irrigen Begriffes haftet, dürfte es doch zur kurzen Bezeichnung der chemischen Grundursache der Lebenserscheinungen wohl noch verwendbar sein." Sehr gnädig!

man mehr? Ist etwa dieser „Gedankengang" nicht auch „streng logisch"?

Doch grau bleibt jede Theorie, wenn nicht das positive Experiment sie aus dem Reiche der nebelhaften Möglichkeit ganz oder theilweise in das Gebiet der leibhaftigen Wirklichkeit verpflanzt. Deßhalb richtet Herr Löw sein Hauptbemühen darauf, im Vereine mit Dr. Bokorny durch exacte Versuche greifbares Beweismaterial zu gewinnen. Diese experimentellen Studien sind denn auch das Beste an der ganzen Arbeit, nicht weil sie wirkliche Beweise für die Theorie geliefert hätten, sondern weil sie unsere Kenntnisse nach einer neuen Seite hin positiv bereichern. Die hierbei gewonnenen Resultate lassen sich kurz resumiren. Durch eine ausgedehnte Prüfung wurde zuerst ermittelt, wie eine Reihe von Metalllösungen gegen die verschiedensten organischen Substanzen und ganz speciell die Aldehydsubstanzen sich verhalten. Man fand, daß höchst verdünnte Höllensteinlösung, die nur $\frac{1}{157000}$ Silber[1] enthielt, ein ausgezeichnetes Mittel an die Hand gebe, um die Aldehyde von allen anderen bekannten Stoffen zu unterscheiden. Daß diese Lösung aber auch ein sicheres „Lebensreagenz" sei, lehrte eine umfangreiche Anwendung auf lebendige und todte Zellen. So oft man dieselbe auf vorher getödtete Zellen wirken ließ, gab sie die charakteristische Reaction, welche in Silberausscheidung und Schwarzfärbung des Protoplasma's bestand, nicht; dagegen fast ausnahmslos, wenn man lebende Zellen mit ihr in Berührung brachte. Ja, es gelang — mirabile dictu — die verschiedenen Stadien des Absterbens, die Vertheilung des schwindenden Lebens in der Zelle wie auf einer photographischen Platte durch Farbflecken und Farbennuancen zu fixiren und sinnlich wahrnehmbar zu machen. Als z. B. eine Portion Algenzellen von Spirogyra condensata in einer Reibschale heftig zerrieben und unmittelbar darauf in's Reagenz gebracht wurde, trat die normale Intensität der Schwarzfärbung nirgends mehr auf, auch nicht in den scheinbar ganz unverletzten Zellen. „Manche reagirten nur mehr an einzelnen Punkten oder Flecken schwarz, andere zeigten einen leichten violetten, rothen oder grauen Schimmer, der auf Silberschichten von äußerst minimaler Dickendimension deutet, also den letzten Lebenshauch des Protoplasma's sichtbar machte."

[1] Lebende Zellen reduciren das Silber aus Nitratlösungen noch bei $\frac{1}{3000000}$ Silber-Gehalt. (Löw und Bokorny, in den Berichten der deutsch. chemischen Gesellschaft. Berlin 1881. S. 2510.)

Bei Zellen von eben dieser Algenart, die nach längerer Aushungerung am Sterben waren, trat die Reaction gleichfalls nur sporadisch in einzelnen Punkten des Zellplasma's auf und „manifestirte so den letzten Rest von Lebensenergie". Nachdem die Brauchbarkeit des „Lebensreagenz" durch viele Proben außer Zweifel gesetzt war, wurde es nun umgekehrt auch dazu benützt, die tödtende Wirkung der verschiedensten Schädlichkeiten für das Pflanzenleben qualitativ und quantitativ mit Silber zu taxiren, und wir können nicht umhin, die erhaltenen Resultate in hohem Grade interessant und instructiv zu nennen. — Gewiß, so weit verläuft der experimentelle Gang glatt und glänzend. Aber nun die Ausnahmen?

Es ergab sich nämlich, daß einerseits nicht alle wirklich lebendigen Zellen sich schwarz versilberten und andererseits wirklich todte Zellen geradezu kohlschwarz wurden! Doch „Exceptio firmat regulam"! Wohin käme denn auch der Forscher, wenn er nicht kaltes Blut zu bewahren wüßte und gleich durch den ersten Mißerfolg sich verblüffen ließe? Diese dem Anscheine nach höchst fatalen Ausnahmen mußten bei weiterem Prüfen des Sachverhaltes auch in unserem Falle nur dazu beitragen, die Theorie zu bestätigen und bestimmter zu fassen. Schon in der oben citirten Schrift wird den Ausnahmen ein eigenes Kapitel gewidmet, und als ihre Erklärung auf competenter Seite Widerspruch fand[1], versuchten Löw und Bokorny eine noch gründlichere Wegräumung dieser Schwierigkeiten[2]. — In der That wurde von ihnen, wenn nicht bewiesen, so doch unter Anführung guter und passender experimenteller Belege sehr wahrscheinlich gemacht, daß in einigen Fällen, wo das „Lebensreagenz" sie im Stiche ließ, die zu hohe „Sensibilität" oder richtiger die zu geringe Widerstandsfähigkeit einiger Zellen das lebendige Plasma sterben lasse, bevor es mit dem Reagenz in unmittelbare Berührung und chemische Action kommen könne, und daß in anderen Fällen die absonderliche Membranbeschaffenheit (Verschleimung, Verkorkung ꝛc.) das Eindringen des Reagenz in die lebendige Zelle verhindert habe. Dort aber, wo das Resultat ein conträres war, d. h. wo in getödteten Zellen eine Lebensreaction erzielt wurde, erscheint den Verfassern das Leben auf einmal in einem neuen eigenthümlichen Lichte, da wird auf einmal auch ihnen klar, daß — die Aldehyde eben nicht Alles erklären. Die Löw'sche Lösung dieser Schwierigkeit ist so gut, daß wir glauben, nichts

[1] Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft. 15. Jahrg. 1882. S. 107 ff.
[2] Ebendaselbst S. 695 ff.

Besseres thun zu können, als sie mit seinen eigenen Worten wiederzugeben.

„Man kann das Protoplasma als eine Maschine von außerordentlich kunstvollem Baue betrachten, bei welcher die Eiweißmoleküle wie in einem complicirten Räderwerk ineinandergreifen und die Spannkraft der Aldehydgruppen den bewegenden Dampf darstellt. Wie nun die Maschine auf zweierlei ganz verschiedene Weise zum Stillstand gebracht werden kann, nämlich 1. durch das Erlöschen des Feuers unter dem Dampfkessel, und 2. durch den Bruch von Rädern und Axen, so können auch zweierlei Todesarten bei der Zelle möglich werden. Bei der ersten, welche in der Verschiebung der Aldehydgruppen besteht, kann der ganze Bau der Maschinerie äußerlich erhalten bleiben. So läßt z. B. ein zehn Minuten langer Aufenthalt in einer Lösung von Citronensäure die Zellen der Alge Spirogyra in genau derselben schönen Structur, wie im Leben, soweit man mit den besten Mikroskopen dieß zu beurtheilen im Stande ist; jeder würde die Zelle als noch lebend erklären — und doch ist sie todt! sie hat aufgehört zu assimiliren, zu athmen, und die Aldehydgruppen sind mit Silberlösung nicht mehr nachweisbar. — Der zweite Fall aber, wobei die Aldehydgruppen noch erhalten sind, aber die Structur des Protoplasma's beträchtlich aus dem Geleise gerathen ist, so daß weitere Lebensfunctionen unmöglich werden, ist eine seltene Ausnahme — er tritt ein bei der Wirkung von manchen Giften, besonders Alkaloiden. Wenn man z. B. Spirogyren-Zellen in einer Lösung von essigsaurem Strychnin liegen läßt, so schrumpft allmählig der Plasmaschlauch ein, die Chlorophyllbänder verlieren ihre schönen Spirale, die Ordnung wird so gestört, daß an Ausübung der normalen Functionen nicht mehr zu denken ist, und doch bleiben die Aldehydgruppen, wenigstens im nicht grünen Theile des Plasma's erhalten; ihre Verschiebung, die sonst schon bei geringfügigen Eingriffen, sogar schon durch mäßigen mechanischen Druck auf die Zelle herbeigeführt wird und stets die Schrumpfung des Plasmaschlauches begleitet — wird hier verhindert durch die Anlagerung des Strychnin's. — Wir werden gut thun, die Begriffe ‚Lebenskraft' und ‚Leben' streng zu sondern. Die Lebenskraft ist identisch mit der auf elektrische Differenzen zurückführbaren Spannkraft der Aldehydgruppen, das Leben aber das Gesammtresultat, welches der complicirte Protoplasmabau vermittelst dieser Kraft liefert." [1]

[1] „Die chemische Ursache des Lebens." S. 19.

Eigenthümliches Mißgeschick: nachdem Herr Löw seine Aldehydtheorie so schön aufgebaut, wirft er sie in Obigem selbst wieder über den Haufen. Die fatalen Pflanzengifte bereiten der eben geborenen hoffnungsreichen Theorie durch des Auctors eigene Hand ein tragisch-komisches Ende. In einem und demselben Athemzuge wird am Ende des citirten Passus die Aldehyden-Lebenskraft als jugendfrische, vollwüchsige Trägerin des Lebens proclamirt und als eine todte Leiche weggeworfen, damit sie die Lebenserklärer getrost in's kühle Grab betten. Denn man täusche sich nicht über den intendirten Sinn der orakelgleichen Schlußworte! Herr Löw versteht unter „Lebenskraft" nicht die rein chemische Spannkraft, welche dem Zusammenhange nach allein am Platze wäre und in den Worten auch zu liegen scheint, sondern unlogisch genug die bewirkende Ursache des Lebens. Wenn er sodann an obiger Stelle plötzlich auf den complicirten Plasmabau, als den aus der Verlegenheit rettenden „Deus ex machina" recurrirt, und hiermit gegen seine Intention der Wahrheit auf die Spur kömmt, da erblickt er in diesem Plasmabau eben weiter nichts als eine „conditio sine qua non"[1], obgleich ihm dieses nicht aus der Verlegenheit hilft, in welche ihn die unglückseligen Strychnin- und Veratrinalkaloide gestürzt haben.

Nach einem solchen Ende könnte man die Löw'sche „chemische Lebensursache" sich selbst überlassen. Indessen wegen der Bedeutung, die nun doch einmal dieser Lebenstheorie beigelegt worden, und weil Herr Löw durch neuere Arbeiten[2] die Confusion der Lebensideen noch heilloser zu machen droht, und endlich weil die der Theorie zu Grund liegenden

---

[1] Dieses geht schon klar aus dem Titel der Schrift hervor, dann aus dem am Ende der Schrift zusammenfassenden Endschlußresultat, wo einzig und allein die Energie der Aldehydgruppen als die Ursache hingestellt wird, auf welche die „lebendigen Eigenschaften des Protoplasma's schließlich zurückzuführen" sind. Am unzweideutigsten erhellt seine Auffassung der Aldehyden-Lebenskraft aus seiner Münchener Rede. Dort stellte er seine Lebenserklärung in Gegensatz zu derjenigen vieler Physiologen, welche in der molekularen Organisation des lebendigen Leibes eine Ursache der Lebenseigenthümlichkeiten erblicken. Vgl. Allgemeine Zeitung vom 28. März 1882.

[2] In Pflügers Archiv für Physiologie veröffentlichte er vor einigen Monaten eine Untersuchung über die „ungeformten Fermente". Sie führten ihn zum Schluß, daß auch diese Fermente Eiweißstoffe und in ihnen Aldehydgruppen die Ursache ihrer eigenthümlichen Wirkungsweise sind. Die Fermente würden hierdurch zu einem Übergangsstadium zwischen unorganischer Materie und lebendigen Organismen und die Stoffwelt wäre hinsichtlich des Lebens dreifach gegliedert: unbelebter unorganisirter Stoff, belebter unorganisirter Stoff, belebter organisirter Stoff!

Ansichten in anderer und anderer Gestalt heute vielfach aufgetischt werden, wird es doch besser sein, über das Aussehen der chemischen Ursache des Lebens bei falscher und richtiger Beleuchtung uns etwas genauere Rechenschaft zu geben.

Unrichtig und verkehrt, Vorurtheil und Dogmatismus ist es zunächst, von vornherein im Leben nichts als reinen Chemismus zu erblicken, und demzufolge nur chemische Thatsachen zu seiner Erklärung zuzulassen. Im ersten Theile haben wir nachgewiesen, daß die rein stofflichen Lebenserscheinungen, ja selbst die rein chemischen Processe im Organismus in ihrer gesammten Verkettung betrachtet, durch die in den einzelnen Atomen liegenden chemischen Kräfte nie und nimmer erklärt werden können. Um wie viel weniger werden sie die Phänomene des Sinnes- und Geisteslebens zu erzeugen im Stande sein?

Unrichtig ist es zweitens und im Widerspruch mit längst bekannten Erfahrungen, daß „das pflanzliche und thierische Leben auf den Functionen eines und desselben Stoffes, des Eiweißes, beruhe". Denn auch für den unwahrscheinlichen Fall, daß der wirklich organisirte Leib nur aus einer einzigen Eiweißsubstanz sich ausbaute, würden doch die zum lebendigen Chemismus unumgänglichen Processe nothwendig ein gesetzmäßiges Zusammenwirken sehr verschiedener Substanzen verlangen (S. 83). Ja, nicht einmal der eine Proceß der Erzeugung von Wärme und Bewegung durch regressive Stoffmetamorphose setzt bei einer und derselben Substanz, dem Eiweiß, an, sondern bei mehreren endothermischen Substanzen. Die Umsetzungen des Eiweißes unter Gewinnung von Kraft und Wärme bilden nur den Hauptproceß bei der regressiven Stoffmetamorphose, ebenso wie die Bildung des Eiweißes den Hauptzug in der progressiven. Etwas ganz anderes ist aber Hauptproceß und die Gesammtheit der Processe, gerade so wie der König und der Staat, an dessen Spitze er steht. — Als tüchtiger Chemiker weiß dann Herr Löw doch gewiß, daß das Wort Eiweißsubstanz ein generisches ist und eine große Reihe von Einzelsubstanzen oder chemischen Individuen umfaßt, die fast alle in den Organismen vorkommen. Gilt von allen in gleicher Weise seine Aldehydtheorie? Darüber sagt er kein Wort. — Endlich ist es jedem angehenden Studiosus der Anatomie und Physiologie wohl bekannt, daß der organisirte und wirklich lebensthätige Leib in den höheren Pflanzen und Thieren nicht aus einer einzigen Substanz, sondern aus vielen besteht. Nach Reinke's Untersuchungen müssen wir aber auch schon für die niedrigsten Organismen eine Multiplicität der eigentlichen Leibes-

substanz wenigstens für sehr wahrscheinlich halten. Wie konnte da Herr Löw so kühn es wagen, das ganze Leben aus der einen Eiweißmolekel zu ziehen, das er künstlich aus Atomen construirte?

Unrichtig und eine Petitio principii ist es drittens, die Silberlösung mir nichts dir nichts zum „Lebensreagenz" zu stempeln. Nach seinen Vorversuchen durfte er sie höchstens als Reagenz auf Aldehyde betrachten. Nur auf diese, nicht aber auf das „Leben" konnte sie im lebendigen Protoplasma reagiren. Daß das Leben mit den Aldehyden gegeben sei und nur in den Veränderungen derselben bestehe, das hätte er speciell anderswoher erst beweisen müssen. Gerade dieses aber, worum sich doch seine ganze Theorie dreht, hat er stillschweigend hingenommen. Es gehört gewiß eine erstaunliche Einseitigkeit und blinde Befangenheit dazu, nicht bloß sich einzureden[1], sondern auch Andere glauben machen zu wollen, daß mit einigen wenigen chemischen Reactionen, die eine aldehydhaltige Molekel geben kann, sich alles das erklären lasse, was man Leben nennt. Hat denn Herr Löw auch nur einen Augenblick ernstlich darüber nachgedacht und sich klar zu machen gesucht, was thatsächlich Alles in dem Wort „Leben" inbegriffen ist? Dieses hätte aber das Erste sein müssen, als er sich daran machte, das „Leben" ohne Beschränkung zu erklären. Was würde er wohl zu einem Menschen sagen, der ihm eine Taschenuhr folgendermaßen erklärte? Eine Taschenuhr ist weiter nichts als ein Ding, das eine elastische Stahlfeder hat, die gespannt werden und dann durch ihre Spannung Bewegung hervorbringen kann. Die Spannung selbst aber beruht nur darauf, daß die Eisenmolekeln, aus dem natürlichen Gleichgewicht herausgebracht, in dasselbe zurückzuspringen suchen. Das „Gehen" der ganzen Uhr, also das gesetzmäßige Rotiren der Räder, das verschiedene Kreisen der Zeiger, das Hin- und Herschwingen der Unruhe, das Oscilliren des Ankers, die Übertragungen der Bewegung u. s. w., erklärt sich Alles einzig und allein aus dem Bestreben der Eisenmolekeln in der Stahlfeder, sich in's natürliche Gleichgewicht zurückzuversetzen! Und dennoch wäre diese Erklärung, wo es sich um einen einfachen materiellen Bewegungsmechanismus handelt, hundert und tausendmal mehr adäquat, als die Erklärung des Lebens durch die aldehydige Spannkraft der Eiweißmolekeln. Was haben uns die Herren

[1] Wir zweifeln nicht daran, daß Herr Löw und Bokorny in ihren Schriften ihrer persönlichen Überzeugung Ausdruck gegeben haben und weit davon entfernt waren, durch tendenziöse „wissenschaftliche" Marktschreierei dem Materialismus unter die Arme zu greifen.

Löw und Bokorny vom Leben und vom Lebendigen schließlich erklärt? Das Folgende. In den Molekeln des Eiweißes, das im lebendigen Organismus neben vielen anderen Substanzen *auch* vorkommt, ist *wahrscheinlich* die chemische Constitution eine andere, als in dem Eiweiß außerhalb des lebendigen Organismus. *Wahrscheinlich* beruht diese Verschiedenheit in dem Vorhandensein und Fehlen einer bestimmten Zahl von Aldehydgruppen[1]. Diese lassen dann auch einige Zersetzungen des Eiweißes, die man im Organismus allgemein annimmt, sowie die Möglichkeit seiner synthetischen Bildung, chemisch besser interpretiren, als dieses bislang möglich war; sie machen auch die hohe Veränderlichkeit des lebendigen Eiweißes nebst dessen mechanischem Energiewerthe chemisch begreiflicher. Eine längst bekannte Einzelheit aus dem Leben, das Verhalten des Eiweißes, wird, gestützt auf neue verdienstliche Experimente, etwas präciser gefaßt, nicht aber endgiltig fixirt. Das ist alles[2]. Daß

[1] Bewiesen haben dieses Löw und Bokorny nicht, obwohl sie es behaupten. Competente Fachmänner haben gegen ihre Schlüsse Einwendungen gemacht, welche sie nicht ganz zu entkräften vermochten. Da sie ja nicht auf das isolirte Eiweiß, sondern auf das gesammte Stoffgemenge in den lebendigen Zellen reagirten, ist ein doppelter Fall denkbar: einmal konnte darin ein Stoff sich befinden, der, ohne Aldehyd zu sein, ein ebenso hohes Reductionsvermögen gegen die Höllensteinlösung besaß, wie die Aldehyde; zweitens aber, wenn die Reaction nur von Aldehyden herrühren konnte, woher wissen die Herren Löw und Bokorny, daß diese Aldehydgruppen gerade in den Eiweißmolekeln sich vorfanden, da sie mit isolirtem Eiweiße ja nie die Reaction bekamen? Konnte die Reaction nicht von einem Aldehyd herrühren, der mit dem Plasma physikalisch gemengt war? Ferner konnte die Reaction auch von einer bestimmten Bewegungsart in der lebendigen Zelle verursacht worden sein, ebenso gut, als auch die bloßen Lichtschwingungen auf den photographischen Platten ohne Anwendung von Aldehyden die Silbersalze schwärzen. Auch noch andere Möglichkeiten lassen sich denken, auf die wir nicht näher eingehen wollen.

Wie wenig wir überhaupt noch von der chemischen Constitution der Eiweißsubstanzen wissen, beweisen die Resultate, welche eine aus fünf der tüchtigsten französischen Chemiker bestehende Commission erzielte, als sie im Auftrage der Académie des sciences die Eiweißkörper eingehend prüfte. Nach ihrem vor Kurzem an die Académie erstatteten Berichte sind nämlich diese Stoffe noch complicirter construirt, als man dieses bis jetzt glaubte. Herrn Béchamp, einem der Commissionsmitglieder, ist es gelungen, „alle Eiweißkörper in weitere Componenten zu spalten, nämlich in zwei bis drei bestimmte Substanzen, die selbst wieder die Eigenschaften der Eiweißkörper besitzen, und außerdem noch in ein wohl charakterisirtes Ferment". (Naturforscher, Bd. 15. 1882. S. 237.) Wie stellt sich hierzu Herr Löw mit seiner Formel?

[2] Wir wollen damit keineswegs den Werth der theoretischen Discussionen und besonders der experimentellen Untersuchungen der Herren Löw und Bokorny nach chemischer Seite hin verkennen. Sie haben sich durch ihre Arbeit als tüchtige Chemiker und Physiologen abermals bewährt. Leider haben sie aber auch mit ihrer

im Eiweiß eine hohe chemische Spannkraft und somit eine reiche Quelle chemischer und mechanischer Bewegung liege, ist ein längst anerkannter Satz, und es wurde vor Kurzem die thermochemische Energie verschiedener Eiweißsubstanzen sogar experimentell gemessen. Während man aber bisher gewohnt war, diesen Kraftvorrath nur als ein Mittel zu betrachten, dessen sich der Organismus zur Verwirklichung eines Theiles seiner Bewegungserscheinungen bedient, hatte Herr Löw den genialen Einfall, alles auf den Kopf zu stellen, den Theil zum Ganzen, die Nebensache zur Hauptsache zu machen. Mit anderen Worten: er verfiel in eine flagrante Begriffsverwirrung und verwechselte die eine im Leben mitthätige aber höchst untergeordnete Kraft mit demjenigen, was man sonst unter Lebenskraft versteht, d. i. mit der adäquaten Ursache und dem adäquaten Grund des Lebens[1]. Hätte Herr Löw seiner Schrift den Titel gegeben: „Eine chemische Ursache der im lebendigen Organismus verbrauchten mechanischen Energie", und demgemäß auch den Inhalt nicht mit allgemeinen Lebenserklärungen verquickt, so wäre seine Arbeit ganz in Ordnung, lehrreich und nützlich gewesen. Jetzt aber ist sie ein sonderbares „quid pro quo".

Als dann Herr Löw durch seine eigenen experimentalen Untersuchungen schließlich doch auf die Organisation als fundamentaleres Erklärungselement hingedrängt wurde, stolperte er einfach darüber hinweg, wie ein Wanderer über einen Stein, der zufällig im Wege liegt, ohne ihn weiter zu beachten. Gerade diese Organisation hätte der Lebenserklärer viel eher vornehmen müssen, als die Eiweißzersetzung. Denn sie ist weit mehr ein ächtes Lebensphänomen und weit unbegreiflicher, als die chemische Veränderung des Eiweißes. Letztere finde ich nicht ausschließlich in der lebendigen Zelle, sondern auch im Reagenzglase des Chemikers und im Kessel des Leimsieders; die Organisation, im vollen Sinne des Wortes aber, ist ein exclusives Charakteristikum des Leben-

---

Lebenstheorie den Beweis geliefert, daß sie viel zu viel Chemiker sind, um auch solche Fragen richtig behandeln zu können, welche zwar das chemische Gebiet berühren, der Hauptsache nach aber auf anderen Gebieten liegen.

[1] Herr Löw steht mit dieser verdrehten Lebenserklärung nicht allein da. Sonst ausgezeichnete Physiologen verlegen mit ihm in die chemische Eigenthümlichkeit des Eiweißmolekels das Leben, wenn sie auch im Einzelnen sich die Sache anders denken als er. Dettmer z. B. nennt die Eiweißmolekeln in der Pflanzenzelle kurzweg die „Lebenseinheiten der Zelle"; Professor Pflüger sprach ganz ähnliche Ansichten wie Löw aus. Dem Principe „ab uno disce omnes" folgend, widerlegen wir nur die Theorie Löws, weil er dieselbe am klarsten entwickelt und am eingehendsten begründet.

digen. Doch nein, „der complicirte Plasmabau", der „eigenthümliche Zusammenhang der Moleküle des activen Eiweißes" muß als selbstverständlicher Lückenbüßer herhalten, wo die Aldehyde den Erklärer im Stiche lassen. Oder ist denn auch dieser complicirte Plasmabau nur eine Wirkung der Aldehyde, ist auch er nur eine sich selbst ergebende Function des activen Eiweißes? Das glaube mit Herrn Löw, wer da wolle; wir haben im ersten Theile bewiesen, daß so Etwas unmöglich ist.

Damit daß die Eiweißmolekel in eine chemische Formel gesteckt wird, welche weit davon entfernt ist, als gewiß gelten zu können, ist noch nicht nachgewiesen, weßhalb, womit, wie die Organismen immer und überall Eiweiß bilden. Die Erklärung dieser Bildung wäre aber wieder für den Lebenserklärer eine brennendere Frage, als die seiner Zersetzung. Darüber jedoch, sowie über die vielen anderen rein chemischen Fragen, was z. B. die anderen in den Organismen stets gegenwärtigen Substanzen zu thun haben, in welcher Beziehung sie zum allvermögenden Eiweiße stehen, hält Herr Löw für gerathener, nichts zu sagen. Also nicht einmal die einzelnen rein chemischen Thatsachen, die als solche doch nur Wirkungen der Atome im Organismus sind und keine specifischen Lebenserscheinungen, wissen die Herren Löw und Bokorny durch ihre „chemische Ursache des Lebens" zu deuten! Und da wollen sie noch mit ihrer „chemischen Ursache des Lebens" der wahren Lebensursache Concurrenz machen?

Betrachten wir uns die chemischen „Lebensursachen" jetzt auch im richtigen Lichte! In jedem Organismus gibt es Atome oder doch jedenfalls atomistisches Wirken und chemische Processe. Insofern hat der Chemiker ein Recht darauf, seine Forschung auf die lebendigen Wesen auszudehnen. Diese Atome, einzeln betrachtet, sind aber nicht der lebendige Organismus, und diese chemischen Processe, als atomistische Einzelwirkungen genommen, sind nicht specifische Wirkungen des Lebens. Es reicht also die Competenz des Chemikers wohl bis zum und in den lebendigen Organismus, aber nicht bis zum Leben und zu den Lebensursachen. Er möge immerhin gründlich nachforschen über den Chemismus der Pflanzen und Thiere; die zum Leben gehörenden und mit dem Leben innigst verwachsenen, rein stofflichen Erscheinungen werden hierdurch immer mehr aufgeklärt werden und damit indirect auch manche Seite am Leben selbst. Aber er hoffe ja nicht, hiermit dem Leben direct auf die Spur zu kommen; denn dieses liegt nicht in, sondern außer und über den Atomen. Aber wie stimmt dieses zu unserer früheren Behauptung, daß die chemische

Atomthätigkeit im lebendigen Organismus eine veränderte sei, sobald die Atome in die Einheit des lebendigen Leibes aufgenommen worden (S. 113)? Diese Behauptung stützte sich auf die im ersten Theile angeführten Beobachtungen. Sie steht jedoch nicht in Widerspruch damit, was wir gerade den Materialisten gegenüber eingeräumt haben. Erklären wir uns näher.

In den Organismen müssen wir zweierlei Klassen von Atomen wohl auseinander halten. Es gibt da einmal solche, die in den Stoffen vorkommen, welche nicht als Bestandtheile des organisirten Zellenleibes anzusehen sind (S. 60), wie z. B. das im Organismus vorkommende Wasser. Diese Art von Stoffen dürfte die Hauptmasse der Materie des lebendigen Pflanzen- und Thierleibes ausmachen, und sie behält ihre chemischen und physikalischen Eigenthümlichkeiten auch im Organismus vollständig bei. Weil indessen durch die Organisation des Zellenleibes und die hiermit zusammenhängenden Lebenserscheinungen außergewöhnliche Existenzbedingungen für diese Stoffe geschaffen werden, so bringen sie, obwohl sie in sich gleich bleiben, dennoch im Organismus Wirkungen hervor, zu denen sie außer demselben sich nicht erschwingen. Sie participiren also nur ganz indirect am Leben, und der Chemismus, welcher durch sie entfaltet wird, gehört ganz in die Domäne des Chemikers, während es dem Physiologen zufällt, die veranlassenden Umstände zu fixiren; kurz, ihr ganzes Wirken ist jenem Forschungsgebiete zu überweisen, welches man „chemische Physiologie" nennt. — Neben den eben besprochenen Stoffen gibt es nun aber auch solche, die unmittelbare Bestandtheile des lebendigen Organismus sind, die also mit dem Lebensprincip zusammen den belebten Stoff ausmachen. Wie wir schon im ersten Theile (S. 113) hervorgehoben haben, arbeiten ihre Atome nicht mehr selbständig, sondern sind nur Werkzeuge eines höheren Arbeiters; nicht jedoch als todte Werkzeuge, wie etwa der Meißel des Bildhauers, sondern als lebendige Werkzeuge oder belebte Organe in der Weise, daß sie durch dasselbe belebende Princip, welches aus der Materie den ganzen Organismus macht, gleichzeitig belebt und Organ oder ein mit dem belebenden Princip in Eins verschmolzenes Agens werden — ähnlich wie eine lebendige Hand ein Organ der geistigen Künstlerseele genannt werden kann. Hier ist es nun, wo die Schwierigkeit beginnt, Materie und Lebensprincip einerseits richtig auseinanderzuhalten, ohne durch zu große Sonderung andererseits die factische Einheit preiszugeben.

An diesem Punkte fanden auch die alten Philosophen die größte

Schwierigkeit bei der tieferen Ergründung des Lebens. Alle scholastischen Philosophen waren jedoch darin stets einig, daß in dem organisirten und unmittelbar belebten Stoffe eine ächte chemische Thätigkeit und ächte chemische Vorgänge vorhanden seien, welche in ihrer nach Außen tretenden Erscheinung von den chemischen Erscheinungen am unbelebten Stoffe in Nichts sich wesentlich unterscheiden. Kraft der substantiellen Vereinigung zwischen Atomen und Lebensprincip erhalten aber die Atomwirkungen eine andere Bestimmung und eine auf die leibliche Vervollkommnung des ganzen Organismus gerichtete Direction, und dieses keineswegs nur dadurch, daß zu der ungeänderten Atomthätigkeit noch eine zweite, die des höheren Lebensprincipes, äußerlich hinzutritt und mit ihr sich verbindet, sondern deßhalb, weil das Lebensprincip, die Atome in ihrem innersten Wesensgrunde erfassend, auf ihre Action unmittelbar bestimmend einfließt und ihnen auch theilweise ganz neue Wirkungsweisen verleiht. Hiernach können wir, auch selbst wenn wir die Atome im belebten Stoffe verbleiben lassen, in aller Wahrheit behaupten, daß jede ihrer Wirkungen nicht eine Wirkung der Atome, sondern eine Wirkung ist, welche einheitlich (per modum unius) von der Materie und dem Lebensprincip ausgeht, daß dieselbe nicht eine Doppelaction, sondern nur eine untheilbare Action darstellt. Weiter unten wird sich bessere Gelegenheit bieten, diesen Punkt noch klarer zu machen.

So viel ist indessen schon jetzt ersichtlich, daß die gegebene Erklärung über das Verhältniß zwischen Materie und Lebensprincip einentheils allen aus der Erfahrung abgeleiteten Thatsachen gerecht wird und anderntheils aber auch, trotz der die Atome betreffenden Änderung, die chemische Wirksamkeit im lebendigen Stoff voll und ganz wahrt. — Damit verbleibt denn auch der Empirie ihr Antheil an der Erforschung des belebten Stoffes ungeschmälert erhalten. Die Chemiker und Physiologen können also ungehindert durch die Scholastik nach Herzenslust an Pflanzen und Thieren experimentiren, nur mögen sie sich hüten, dem Vitalisten sein gutes Recht zu bestreiten und ihm zuzurufen: „Weg von hier! Noli turbare circulos meos!“ Jeder hat seinen Anspruch auf die Erforschung des lebendigen Leibes, aber nur innerhalb der durch sein Fach gesteckten Grenzen. Der Chemiker möge sich als solcher darauf beschränken, die chemischen Processe des Organismus zu untersuchen und zu erklären, so weit sie solche sind. Bevor er aber das belebende Princip näher prüfen und darüber seine Theorien aufstellen will — was ihm Niemand wehren kann — schiebe er Retorten,

Kolben und Lampen, Wage und Gewichte bei Seite und stelle sich auf einen höheren Standpunkt, um so aus den experimentellen Thatsachen auch dasjenige herausfinden zu können, was nur durch geistige Scheidekunst in seine Elemente zerlegt, nur mit geistigen Gewichten abgewogen, und mit geistigen Reagenzen auf seine wahre Natur untersucht werden kann.

Zweiter Abschnitt.

Physikalischer Materialismus.

Mit dem chemischen Wissensapparate allein ist des Lebens Tiefe nicht zu ergründen. Dieses geben heute wohl die meisten Physiologen zu. Aber warum sollen wir uns denn auf die Atome retiriren wollen, wenn uns gerade die physikalische Molekularthätigkeit im Vereine mit dem chemischen Wirken der Atome eine unerschöpfliche Quelle der wunderbarsten Kraftwirkungen eröffnet? Wer kennt nicht die merkwürdigen Erfindungen der Neuzeit, das Telephon, Photophon und Mikrophon? Licht und Elektricität machen wir zu Trägern unserer Worte und Gedanken. Mit Hilfe der Elektricität vermögen wir durch das Sprechen auch schon gleich zu schreiben, ohne die Hand oder die Feder zu rühren; ja, nach Belieben können wir das Geschriebene wider sich sprechen lassen. Ein dünner Kupferdraht fängt an einem Ende tausend Stimmen und Töne eines Concertes auf, um sie am entgegengesetzten Ende alle einzeln unvermischt wieder auseinanderfliegen zu lassen und dem Ohre des Lauschenden zu übermitteln, während eine telegraphische Depesche gleichzeitig in entgegengesetzter Richtung durch das Heer der Töne hindurchstürmt. Und so gibt es noch Hunderte anderer Wunder der molekularen Stoffthätigkeit. Weßhalb sollte denn das Leben nicht auch ein solches sein können? Greifen wir nur herzhaft und fleißig alle die verborgenen Fasern und Fäden des molekularen Schaffens in der Pflanzenzelle und in dem Thierleibe auf, so wird es nicht fehlen können, aus ihnen eines Tages das gesammte Leben herauszuspinnen und zusammenzuweben. Denn „materielle Wirksamkeit muß einmal das Leben sein", das ist auch die erste und letzte Parole der Lebenserklärer dieser zweiten Kategorie. Mit einzelnen Molekeln wissen sie kaum mehr anzufangen als mit Atomen; deßhalb stellen sie das Leben nicht auf diese allein, sondern auf den eigenthümlichen Molekelverband, den man Organismus nennt, und der ja selbst wieder nichts anderes ist, als das Resultat reiner Molekelarbeit, mag

auch sein Zustandekommen von gewissen äußeren, schwer realisirbaren Bedingungen abhängig sein. Ja, dieser eigenthümliche Molekelverband ist es, hinter dem nach ihnen der Lebensfunken steckt, geradeso wie die seltsamen Elektricitätswirkungen nicht aus den einzelnen Molekeln springen, sondern aus den planmäßig zu Apparaten und Maschinen zusammengestellten Molekelaggregaten.

„Das Leben ist nicht das Ergebniß von Wirkungen einer besonderen Kraft, sondern ein besonderer Zustand, getragen von einer eigenthümlich combinirten Wechselwirkung der allgemeinen materiellen Kräfte, wodurch eigenartige Bewegungen der belebten Substanz veranlaßt werden; diese Kräftewirkungen können ihrerseits nur bedingt sein durch die Construction des Apparates, in dem sie zur Wirkung gelangen, durch den Bau des lebendigen Organismus. Die Substanz und die Art der Bewegungen in den Organismen bilden somit das Arbeitsfeld der biologischen Forschung." Mit diesen Worten zeichnet Herr Reinke[1] seinen und der meisten Physiologen Standpunkt in der Lebensfrage. Er ist jedoch nicht der Mann, der in seinen Speculationen an der Oberfläche haften bleibt. Deßhalb entging es ihm nicht, wie wir dieses im weiteren Verlauf unserer Diskussion andeuten werden, daß diese Auffassung doch ihre schwachen Seiten habe, während die Mehrzahl der übrigen Forscher diesen Standpunkt bedingungslos für den allein richtigen anerkennt. Das Problem der Lebenserklärung wird für sie zur Lösung einer exclusiv physikalisch-chemischen Aufgabe. Der Organismus ist ihnen weiter nichts, als „ein mechanischer Apparat, der aus eigenthümlichen Substanzen construirt, durch das Gefüge seiner Theile eigenartige Bewegungen automatisch zum Ausdruck bringt, der unter Formwechsel und Stoffwechsel sich entwickelt, fremde Substanzen durch Assimilation in Substanz des eigenen Körpers umzuwandeln vermag, der hierdurch an Masse zunimmt und durch Theilung sich in's Unbegrenzte vermehren kann, dessen Entwicklung endlich mit dem Tode abschließt"[2]. Mit anderen Worten: Organismus ist ihnen ein mechanischer Apparat, obwohl er durch seine automatischen Bewegungen, durch seinen Form- und Stoff-

[1] Studien über das Protoplasma. S. 81—95.

[2] A. a. O. S. 95. Er spricht zwar überall nur vom niedrigsten Pflanzenorganismus, d. i. von der Protoplasmazelle, beabsichtigt aber daran das Eigenthümliche des Lebens überhaupt klar zu legen. Principiell gilt ja von ihr dasselbe, wie vom vollkommensten Thierorganismus, so lange nur vom Leben im Allgemeinen die Rede ist.

wechsel, durch Assimilation, Wachsthum, Theilung und Tod sich als das gerade Gegentheil von einem Mechanismus documentirt. Greifen wir jedoch der Kritik nicht vor und sehen wir erst das Übrige. Auf Grund dieser Definition wird dann der biologische Gesichtspunkt einfach dem physikalischen im weiteren Sinne untergeordnet, inwiefern nämlich die Physik sowohl die Mechanik der molekularen Bewegungen, als auch die Mechanik der Atome oder die Chemie in sich begreift. Wie es nun die Hauptaufgabe der physikalischen Forschung überhaupt ist, „den Energiegehalt oder kürzer die Energie eines materiellen Systemes aus seiner Configuration und aus seiner Bewegung zu bestimmen und festzustellen, wie viel Energie zu einem Systeme hinzutritt oder dasselbe verläßt, wenn das System aus einem gegebenen Zustande in einen anderen bestimmten übergeht", so gilt dasselbe nun selbstverständlich auch für die Erforschung der lebendigen Materie. Denn der lebendige Organismus ist eben nur *eines* aus den verschiedenen möglichen materiellen Systemen und speciell gekennzeichnet durch seine *specifische* Configuration und seine *specifischen* Bewegungen. Diese specifische Configuration, die selbst wieder insofern eine dreifache ist, als sie die relative Lage seiner Stofftheilchen erstens bezüglich der Atomconstitution, zweitens bezüglich der physikalischen Molekularaggregation und drittens bezüglich der morphologischen Differenzirung oder der Organisation umfaßt, und diese specifischen Bewegungen, die nur scheinbar verschiedener Art sind, in letzter Instanz aber als einfache Verschiebungen der gewöhnlichen Massentheilchen aufgefaßt werden müssen, bedingen alle weiteren Wirkungen oder „Leistungen" des Organismus oder das Leben. Hieraus folgt, daß die Biologie es nur mit einem „*speciellen* Problem der Dynamik" zu thun hat und ihre Aufgabe als gelöst ansehen kann, „wenn es gelungen sein sollte, die Abhängigkeit der Änderung seiner (des Protoplasma's) Energie von der Änderung der Configuration und der Bewegung seiner Theilchen, sowie den Grad der Änderung seiner Energie für jede einzelne Epoche seiner Existenz zu ermitteln, d. h. zu bestimmen, wie viel Arbeit geleistet werden muß, um einen Zustand des Protoplasma's in einen andern überzuführen; denn nur auf die *Veränderung* der Energie des Protoplasma's kann es der physiologischen Forschung ankommen, nicht auf ihren absoluten Werth" [1].

Derart lauten heute ganz allgemein die Principien der Lebenserklärung

[1] Studien über das Protoplasma. S. 129.

bei den Physiologen[1]. Professor Dr. W. Pfeffer basirt sein inhaltreiches zweibändiges Werk über die Pflanzenphysiologie ganz auf diese Voraussetzung. Er reducirt das ganze Pflanzenleben auf Stoffwechsel und Kraftwechsel. „Alles wahrnehmbare Geschehen in lebendigen Pflanzen entspringt, wie jeder Vorgang in todten Massen, aus Bewegung und Veränderung materieller Theilchen. Je nachdem nun das Augenmerk wesentlich auf die chemischen Umlagerungen oder die dynamischen Leistungen gerichtet ist, wird eine Thätigkeit im Organismus unter Stoffwechsel oder Kraftwechsel zu subsummiren sein." „Die Form einer Leistung ist nicht allein durch die Natur und das mechanische Maaß der vollziehenden Kräfte bestimmt, sondern in erster Linie von den Eigenschaften des Substrates und von der besonderen Anordnung und Verkettung der Angriffspunkte unter sich und mit dem Ganzen abhängig. Es gilt dieses ebensowohl für einen Organismus als für einen Mechanismus. Wie u. A. durch die Spannkraft einer Feder der gesetzmäßige Gang einer Uhr betrieben und einer Spieldose eine Harmonie von Tönen entlockt werden kann, hängt es auch von dem besonderen Aufbau und überhaupt den Eigenschaften einer Pflanze ab, welcher Art die Leistungsformen sind, die hydrostatische Druckkräfte oder irgendwelche an einem gegebenen Punkte angreifende Kräfte erzielen. Wenn in einem Pflanzengliede Construction und Eigenschaften ebenso bekannt wären, wie in einer Uhr oder Spieldose, würden die Leistungsformen jenes, so gut wie die Leistungsformen dieser Mechanismen, als naturgemäße Folgen einer gegebenen Disposition uns entgegentreten." (Einltg. S. 2 u. 3.)

Wieder in etwas anderer Weise drückt Herr Haberlandt[2] dieselbe physikalische Lebensanschauung aus. „Jede morphologische Eigenschaft, mag sie nun in der Form einer bestimmten Zelle, im Bau ihrer Wandungen, in der Anordnung eines Gewebes, in der Stellung eines Organes u. s. w. bestehen, ist das Resultat bestimmter, theils innerer, theils äußerer Kräfte, welche sich in letzter Instanz als chemische und physicalische zu erkennen geben. (Doch wohl nur für das Experiment!) Dieselben verhalten sich zur morphologischen Thatsache wie Ursache zur Wirkung." Diese „causal-mechanische" Erklärung, meint er, sei für sich allein ungenügend und müsse durch die „causal-physiologische" ergänzt werden, welche den Nachweis zu erbringen hat, daß die morphologischen That-

[1] Seite 81 wurde schon angeführt, daß auch Prof. Strasburger zu diesen Principien sich bekennt.

[2] Naturforscher 1882, Bd. 15. S. 346.

sachen wie Wirkungen sich verhalten zu den physiologischen Functionen. „Diese (causale) Übereinstimmung aber bildete sich während der Entwicklung der ganzen Art und zwar sehr allmählich durch die Anpassung auf dem Wege der natürlichen Zuchtwahl heran."

Auch Professor du Bois-Reymond schließt sich der physikalisch-mechanischen Lebenserklärung an, wenn er auch zugesteht, daß diese Erklärung einstweilen und vielleicht für immer nur eine hypothetische bleibe. „Beim Zusammentreten unorganischen Stoffes zu lebendigem," so meint er, „handelt es sich zunächst nur um Bewegung, um Anordnung von Molekeln in mehr oder weniger festen Gleichgewichtslagen und um Einleitung eines Stoffwechsels, theils durch von Außen überkommene Bewegung, theils durch Spannkräfte der mit Molekeln der Außenwelt in Wechselwirkung tretenden Molekeln des Lebewesens. Was das Lebende vom Todten, die Pflanze und das nur in seinen körperlichen Functionen betrachtete Thier vom Krystall unterscheidet, ist zuletzt dieses: im Krystall befindet sich die Materie im stabilen Gleichgewichte, während durch das Lebewesen ein Strom von Materie sich ergießt, die Materie darin in mehr oder minder vollkommenem Gleichgewichte (sic!) sich befindet, mit bald positiver, bald der Null gleicher, bald negativer Bilanz. (Der gelehrte Herr macht sich die Sache doch außerordentlich leicht!) Daher ohne Einwirkung äußerer Massen und Kräfte der Krystall ewig bleibt, was er ist; dagegen das Lebewesen in seinem Bestehen von gewissen äußeren Bedingungen, den integrirenden Reizen der älteren Physiologie, abhängt, in sich potentielle Energie in kinetische verwandelt und umgekehrt, und einem bestimmten zeitlichen Verlaufe unterliegt. Ohne grundsätzliche Verschiedenheit der Kräfte im Krystall und im Lebewesen erklärt sich so, daß beide miteinander incommensurabel sind, wie ein bloßes Bauwerk incommensurabel ist mit einer Fabrik, in welche hier Kohle, Wasser, Rohstoffe, aus welcher dort Kohlensäure, Wassergas, Rauch, Asche und Erzeugnisse ihrer Maschinen strömen. Das Bauwerk kann man sich aus lauter dem Ganzen ähnlichen Theilen so gefügt vorstellen, daß es gleich dem Krystall in ähnliche Theile spaltbar ist; die Fabrik ist gleich dem Organismus, wenn wir von dessen Aufbau aus Elementarorganismen und der Theilbarkeit mancher Organismen absehen, ein Individuum ... Könnten wir die Bedingungen herstellen, unter denen einst Lebewesen entstanden, so würden nach dem Principe des Actualismus, wie damals, auch heute Lebewesen entstehen. Sollte es aber auch nie gelingen, Urzeugung zu beobachten, geschweige sie im Versuche herbeizuführen, so wäre hier doch

kein unbedingtes Hinderniß." Wie wenig diese Behauptungen, die in Form eines allgemein gehaltenen Vergleiches ebenso leicht als bestimmt hingeworfen werden, als wären sie alle selbstverständliche Resultate der Forschung, dem objectiven Thatbestande entsprechen, ergibt sich aus den Mittheilungen im ersten Theile. — Doch prüfen wir jetzt die allen diesen Erklärungen zu Grunde liegenden Annahmen.

Wenn wir die physikalische Lebenstheorie genauer ansehen, finden wir, daß sich in ihr Alles auf „schöne Ideen" reducirt. Unter modern wissenschaftlichem Gewande birgt sie wieder neben einigem wahrem Gehalte viel des Irrigen. Schon ihr erstes Fundament ist unhaltbar. Sie stützt sich ja zuletzt auf die Voraussetzung, daß der Organismus seinem Bau, seiner Einrichtung und seiner Leistung nach ein reiner Mechanismus sei. Was berechtigt zu derselben? Liegen die Thatsachen, wie wir das im ersten Theile zeigten, nicht vielmehr so, daß sie das Gegentheil allein annehmbar machen? Obwohl der Organismus *auch* materiell-mechanisch operirt, materiell-mechanische Bewegungskräfte spielen läßt und deßhalb diesen Äußerungen nach viele Vergleichungspunkte mit einem gewöhnlichen Mechanismus bietet, so ist er doch in sich selbst nichts weniger als ein purer Mechanismus (S. 45, 109, 113 ff.). Oder haben die Physiologen etwa obige Voraussetzung sachlich motivirt? Ja, wenn dieses eine sachliche Motivirung sein soll, daß sie vorgeben, keine andere Supposition sei mit ihrem exacten Forscher-Standpunkt vereinbar. Ist denn ihr Standpunkt absolut unanfechtbar? Für alle geistig Blinden (S. 117) ja; die Sehenden aber erblicken ihn allseitig geborsten, und wie einen grün überwachsenen, flottirenden Sumpf, ohne alle Tragkraft und verderblich für jeden, der ihm sich anzuvertrauen wagt. — Sowie aber ein Irrthum andere gebiert, so wird diese eine irrige Voraussetzung die Mutter einer Reihe von irrigen Schlüssen. Eine unmittelbare Folge derselben ist es, wenn das gesammte Handeln und Wandeln des Lebewesens zum Stoff- und Kraftwechsel degradirt und die wahre Lebensenergie mit der einfachen mechanischen Bewegungsenergie verwechselt wird. Damit haben wir schließlich dieselbe Verwechselung wieder, wie bei Herrn Löw und Bokorny (S. 137). Auch der physikalische Materialismus macht den Theil zum Ganzen, die Nebensache zur Hauptsache, ein paar untergeordnete, einseitig und kaum halberfaßte Lebensäußerungen zum ganzen Leben. Inwiefern er freilich nicht Alles auf Aldehyde zuspitzt, sondern die gesammte Stoffmasse und ihre eigenthümliche Ausgestaltung in Rechnung zieht, ist bei ihm ein entschiedener Fortschritt zu verzeichnen; indessen: plus et minus non mutant speciem. Die Art der Verirrung bleibt dieselbe.

Wie wir schon oben bemerkten, haben einige wenige Forscher herausgefühlt, daß die exclusive mechanische Lebenserklärung ihre Bedenklichkeiten habe. Deßhalb gibt denn auch Herr Reinke, einer derselben, nachdem er ihr das Wort geredet und die biologische Forschung als eine specielle, physikalische erklärt hat, seinen Ausführungen plötzlich eine unerwartete Wendung und wirft sich die Frage auf: „Wie weit läßt sich die physikalische Naturbetrachtung für die Auffassung der Lebenserscheinungen des Protoplasma verwerthen? bis zu welchem Punkte ist die mechanische Methode für die Analyse der physiologischen Processe anwendbar?" Er gibt darauf folgende Antwort, die ihm alle Ehre macht und ihn als einen viel gemäßigteren „Mechaniker" erscheinen läßt als die meisten seiner Collegen: „Gewiß war es eine Übereilung, wenn ein hervorragender Mathematiker den Ausspruch that, in den Naturwissenschaften stecke nur soviel wahre Wissenschaft, als Mathematik darin enthalten sei. Wollten wir in dieser Behauptung das Wort ‚Mathematik' durch das Wort ‚Physik' ersetzen, so würde ich dieses Urtheil ebenfalls für ungerechtfertigt halten. Dennoch bin ich darüber keinen Augenblick im Zweifel, daß diejenige Naturbetrachtung, die wir aus allen Kräften anstreben und fördern müssen, die physikalische ist. Speciell im Gebiete der Biologie werden wir auf jedem Punkte, wo es uns gelingt, der physikalischen Behandlung Eingang zu verschaffen, einen Sieg verzeichnen dürfen; daher können wir es als die Hauptaufgabe der heutigen Biologie hinstellen, die physikalische Betrachtungsweise möglichst weit auf dem Gebiete des organischen Lebens vorzuschieben, — ob sie ausreichen wird, dieses Gebiet zu erschöpfen, von seinen Geheimnissen den letzten Schleier hinwegzuziehen, die letzte durch das Leben gestellte Frage zu beantworten — darüber wird man vielleicht erst nach Jahrtausenden urtheilen können."[1] Mit anderen Worten: Ob wir mit der Mechanik oder Physik zur Erklärung des Lebens ausreichen, das ist allerdings jetzt noch fraglich. Unterdessen, bis nach Jahrtausenden die Frage vielleicht spruchreif sein wird, halten wir an der Annahme fest, daß nur die physikalische Behandlung des Lebens berechtigt ist. Damit ist nun freilich dem Grundirrthum des physikalischen Materialismus der verletzende Stachel abgebrochen; er ist bis zu einem minimalen Grade unschädlich gemacht, aber noch nicht vollkommen weggeschafft. Es wird auch so noch die Entscheidung der Lebensfrage einzig von der Mechanik

[1] A. a. O. S. 82.

abhängig gemacht, und weil diese — wie wir sogleich von demselben Autor hören werden — wahrscheinlich ewig ausbleibt, der nihilistischen Verzweiflung an der Einsicht in das Lebensgeheimniß Thür und Thor geöffnet.

Der thatsächlich vorhandene Kraft- und Stoffwechsel im lebendigen Organismus berechtigt ohne Zweifel die Physiologen zur physikalischen Erforschung der Lebenserscheinungen. Sie mögen ihm auf Grund der modernen Principien der exacten Wissenschaften nur nachspüren, soweit dieses möglich ist. Doch: „Sutor, ne ultra crepitam!“ Nur soweit das Gebiet „physikalisch“ ist, wird es ihnen zugänglich. Sie hätten damit wahrhaftig auch genug zu thun. Herr Reinke, der in diesem Gebiet gewiß gut orientirt ist, wolle es ihnen als unparteiischer Gewährsmann erklären: „Sollen die Vorgänge im Protoplasma — so sagt er — durch die dynamische Behandlung wirklich erklärt werden, so müssen wir Configuration, Bewegungen und bewegende Kräfte im Einzelnen und für jede einzelne Epoche *genau feststellen*, — eine Aufgabe, die von der Mechanik wohl für relativ ganz einfache Systeme gelöst worden ist und gelöst werden kann, deren Lösung aber für das als materielles System betrachtete Protoplasma bei der ungeheuern Complication, welche dasselbe darbietet, *unmöglich* genannt werden muß.“ Ein Prognostikum, der trübsten eines und wohl geeignet, den Übermuth der materialistischen Heißsporne eisig zu kühlen! Also selbst die mechanische Seite, und zwar nur für das Protoplasmaleben, wird die exacte Forschung niemals zu enthüllen vermögen, und doch ist diese Seite der experimentalen Forschung zugänglich und ihr eigenstes Gebiet.

Inwieweit die physikalische Lebenserklärung nur auf die eben mitgetheilten speculativen Voraussetzungen sich stützt, können wir sie ruhig auf sich beruhen lassen. Auch *wenn* sie nicht an innerem Widersinn litte, würde sie nicht die mindeste Befugniß haben, der dualistischen Auffassung zu nahe zu treten. Einer Speculation kann ich dreist eine andere entgegensetzen und einer Hypothese eine andere; so lange nicht sichere Thatsachen ihr Verdict über die eine oder andere gefällt haben, hat jede ihr Existenzrecht, verdient aber jene mehr Ansehen, die mehr zu erklären vermag. Man vergleiche nun vorurtheilsfrei unsere Ausführungen über das Lebensprincip im ersten Theile und halte die Erklärungsfähigkeit der physikalischen Theorie, so wie sie von ihren eigenen Anhängern taxirt wird, daneben und sage dann, welche von beiden über die thatsächlichen Lebenserscheinungen mehr Licht verbreitet.

Man hat es aber nicht bei speculativen Erklärungen bewenden lassen. Man berief sich zur Stützung der mechanisch-physikalischen Lebenstheorie auch auf Thatsachen. Dabei schlug man einen doppelten Weg ein. Einmal griff man einzelne Phänomene des Lebens für sich heraus, und nachdem man sich bemüht hatte, dieselben als rein physikalische Erscheinungen hinzustellen, gab man zu verstehen, daß, was von diesen gelte, auch vom Leben überhaupt gelten müsse. Ein Theil dieser Phänomene waren nun solche, die unbeanstandet für physikalische genommen werden können, wie z. B. die Erscheinungen der Endosmose und der Flüssigkeitsdiffusion in der Pflanzenzelle. Nun, auf sie möge man nur — wie wir eben gesagt haben — die physikalischen Erklärungsprincipien anwenden, sie sind hier ganz am Platze. Da diese Erscheinungen aber nur physikalische Processe im Dienste des Lebens und keine specifischen Lebensphänomene sind, so hüte man sich, obigen Analogieschluß auf sie zu bauen; der wäre nicht am Platze. Ein anderer Theil der zum Beweise benützten Phänomene bezieht sich jedoch auf eigentliche Lebensäußerungen, und über sie müssen wir schon eingehender uns aussprechen. Dieselben zielen vorzüglich darauf hin, die eigenthümliche Structur des Organismus auf rein physikalische Gesetze zurückzuführen. Meines Wissens hat indessen noch Niemand den ganzen Organismus, wenn auch nur der einfachsten Zelle, so zu erklären unternommen; man beschränkte sich auch hier wieder auf die Erklärung einiger Details und zog dann von ihnen aus die elastische Decke der Analogie über das Ganze.

Oben schon haben wir des Näheren gezeigt, wie man, ausgehend von der Quellungsfähigkeit der organisirten Substanz, ihre Organisation in atomistischem Sinne durch „Micellen" und „Tagmen" bewerkstelligen wollte, dabei aber so weit davon entfernt blieb, eine wirkliche Thatsache auf wirkliche chemische und physikalische Gesetze zurückzuführen, daß man vielmehr mit einer nach allen Seiten hin wankenden Hypothese sich aus der Noth zu helfen suchte, um sich schließlich doch nur im Cirkel herumzudrehen (S. 76), ohne irgend etwas zu erklären. Dieser Versuch, den Organismus auf eine Art Krystallisation zu reduciren, war also offenbar gänzlich mißrathen. — Andere bemühten sich, demselben Ziele in anderer Weise beizukommen. Sie stützten sich auf die Erfahrung, daß das Eiweiß, welches als Grund- und Hauptsubstanz des Organismus gilt, ein krystallisationsfähiger Stoff und im Organismus auch in der That krystallinisch vorhanden sei.

Die Eiweißkrystalle. — Schon in der Mitte der fünfziger Jahre hatte Herr Hartig in den Samen mancher Pflanzen gut ausgebildete, mikroskopisch kleine Krystalle aufgefunden, die aus Eiweiß bestanden. Herr von Nägeli unterzog dieselben 1862 einer genauen Untersuchung und machte auf die merkwürdigen Verschiedenheiten aufmerksam, durch welche diesen Krystallen eine Mittelstellung zwischen den anorganischen Krystallen und den ächt organisirten, lebendigen Stoffen eingeräumt wird. Er brachte deßhalb für sie den eigenen Namen „Eiweißkrystalloide" in Vorschlag, der dann auch allgemein angenommen wurde. 1868 zeigte Herr Hoppe-Seyler, daß auch die Dotterplättchen in den Eiern von Amphibien und Fischen nicht, wie man bis dahin geglaubt hatte, krystallisirte Stearinsäure, sondern ebenfalls krystallisirtes Eiweiß seien. Bei dem regen Interesse, welches die sonderbaren Eiweißkrystalloide bei allen Physiologen fanden, konnte es nicht fehlen, daß sie sofort allseitig in Arbeit genommen wurden. Im Jahr 1874 war es Herrn Maschke gelungen, die Krystalloide, welche in den Paranüssen vorkommen, künstlich nachzubilden. Nach ihm haben sich dann mehrere andere Forscher mit ihrer Darstellung erfolgreich befaßt, namentlich die Herren Schmiedeberg, Drechsel, Schimper[1] und Grübler. So viel über die Geschichte der Erforschung dieser Krystalloide.

Was nun die Eigenschaften der Eiweißkrystalle anbelangt, so sind sie wohl am meisten dadurch ausgezeichnet, daß sie einerseits hohe Quellungsfähigkeit besitzen und daß andererseits ihre Winkel etwas schwankend sind. Läßt man ein natürliches oder künstliches Eiweißkrystalloid, z. B. das der Samen von Musa Hillii, in reinem Wasser quellen, „so beobachtet man eine Differenzirung seiner Substanz in Schichten ungleicher Dichtigkeit. Die Schichten sind meist zahlreich, von gleicher Dicke und von höchst regelmäßigem, den Flächen des Krystalloids parallelem Verlauf; im Centrum ist meist ein sehr kleiner Kern, und im Allgemeinen sind die äußeren Schichten breiter und von einander weniger verschieden als die inneren. Beim Eintrocknen verschwindet die Schichtung, um beim Wiederbefeuchten wieder aufzutreten." Da haben wir es ja! Durch die schwankenden Winkel nähert sich das Krystalloid den fluctuirenden Rundungsformen der organisirten Zelle; durch die Quellung aber und durch die derselben zu Grunde liegende eigenthümliche Schichtungs-

[1] A. F. W. Schimper veröffentlichte 1878 eine besondere Monographie über die Eiweißkrystalloide in der Zeitschrift f. Krystallographie, Bd. 5. S. 133.

structur stimmt es mit dem Bau organisirter Gebilde, z. B. mit den Stärkemehlkörnern, auffallend überein. Herr von Nägeli war deßhalb auch gleich bei der Hand, um diese Krystalloide als schlagenden Beleg für seine Micellentheorie zu verwerthen. Wenn nun aber weiter diese Krystalloide einerseits als wirkliche Krystalle angesehen werden müssen, die, wie die gewöhnlichen, durch Apposition der Molekeln vermittelst der allgemeinen Stoffkräfte entstehen, und wenn andererseits in ihrem Krystallgefüge auch wieder Organisation sich zeigt, so ist eben letztere von ersterer nicht verschieden, und der Organismus ist seinem Baue nach wesentlich nichts Anderes, als ein Krystallgebilde. Hierzu kommt nun noch, daß in einem der höchstorganisirten Gebilde des Thierleibes, nämlich in den quergestreiften Muskeln, die Krystalloide sich ebenfalls einfinden und bei den schwerwiegenden Functionen dieses Organs in hervorragender Weise mitspielen sollen.

Die Muskel-Disdiaklasten. — Wie die Histologie oder die Lehre von den thierischen Geweben nachweist, ist der quergestreifte Muskel ein gar vielfach zusammengesetztes Glied des Bewegungsapparates. Im Fleische der höheren Säuger sind seine nächsten Grundelemente, die Muskelfasern, so fein und zart, daß man sie einzeln mit unbewaffnetem Auge eben noch zu erblicken vermag. Tausende derselben treten erst zu secundären Muskelbündeln zusammen und diese zum Muskel. An jedem der feinsten Fäserchen kann man unter dem Mikroskope deutliche, feine Querlinien beobachten und an diesen wieder minder regelmäßige Längsstreifen. Diese Zeichnung beruht auf einer weiteren inneren Gliederung des Fädchens. Es besteht nämlich zunächst aus zwei physikalisch verschiedenen Substanzen, von denen die eine das Licht doppelt bricht, die andere einfach. Die doppelt brechende Substanz findet sich in Form unzähliger, unendlich feiner, länglich-viereckiger Gebilde vor, welche in der Längen- und Querrichtung mit mathematischer Regelmäßigkeit angeordnet sind. Die einfach brechende Substanz aber bildet ein ungemein weiches Bindemittel, das die viereckigen Körperchen unter einander verkittet und verlöthet. Um die Anordnung letzterer in ihrem weichen Bette besser zu veranschaulichen, stelle sich der Leser gefälligst eine Anzahl Dominosteine in parallele, gleich weit von einander abstehende Längsreihen und Querreihen auf den Tisch gelegt vor, so daß in der Längenrichtung ein etwas größerer Abstand zwischen den einzelnen Steinen sich befindet, als in der Querrichtung. Diese unendlich kleinen Steinchen, die man „Muskelkästchen" oder auch „Doppelbrecher" (Disdiaklasten) genannt hat,

sind es nun, welche Manche für Eiweißkrystalloide angesehen wissen wollen. Im weiteren Verlaufe der immer tiefer dringenden Forschung und unter Beihilfe der stärksten mikroskopischen Vergrößerungen entdeckte man, daß auch die Muskelkästchen keine einfachen Gebilde seien, sondern daß jedes von ihnen aus zwei innig verwachsenen Kästchen bestehe und so ein Seitenstück zu den Zwillingskrystallen darstelle, und ferner, daß die Masse dieser minimalen Doppelkästchen selbst wieder ein Gemenge aus verschiedenen Substanzen sei, zum mindesten aus zweien: nämlich aus contractiler Muskelsubstanz und aus Flüssigkeit, die in wechselndem Verhältniß mit jener sich combinirt[1]. — Dieser complexe Ausbau des Muskels, der in der That äußerlich mit Nägeli's „Micellen-Bauten" Ähnlichkeit hat, ist nicht etwa nur im todten Muskel vorhanden und darf also nicht als die in ihre Theile zerfallene Stoffmasse des Muskels nach dem Schwinden des Lebens aufgefaßt werden; nein, sehr scharfsinnige Beobachtungen stellten fest, daß eben diese Structur auch im lebendigen, unversehrten Muskel bestehe, und zwar während seiner Ruhe und während seiner Arbeit. Ja, die gedoppelten Muskelkästchen wurden bei der Bewegung und Kraftentwickelung des Muskels so sehr als die Hauptagenten erkannt, daß man sie einfachhin die „Bewegungselemente" zu nennen anfing. Man hat beobachtet, wie die Kästchen, je nach dem Zustande des Muskels, verschieden „in Colonnen aufmarschiren" (Brücke), mit der Flüssigkeit in veränderlicher Weise in den Raum sich theilen und hierdurch das verschiedene Aussehen des ruhenden und arbeitenden Muskels verursachen. Weil man nun auch in anderen contractilen Geweben, thierischen wie pflanzlichen, Doppelbrechung beobachtet hat, ist es mehreren Forschern in den Sinn gekommen, in diesen eine ähnliche Structur wie im Muskel zu vermuthen, ja die Lebensbewegung organisirter Substanzen überhaupt auf Krystalloide zurückzuführen, die Krystalloide aber auf die Krystalle. So hätte man dann die erwünschte Brücke vom lebendigen Organismus zur anorganischen Materie.

Wir haben hiermit das positive Material über die Krystalloide dem Leser zur Orientirung der Hauptsache nach vorgelegt. Sehen wir das

[1] Über diese Muskelcomposition vgl. Funke-Grünhagen, Lehrbuch der Physiologie. 1876—1879. Bd. 1. S. 621 ff. Reclam, Leib des Menschen. 2. Aufl. S. 613 ff. Über die feineren Structurverhältnisse, die zuerst Prof. Merkel in Bonn 1872 auffand, vgl. auch Naturforscher Bd. 5. S. 121, oder Archiv für mikrosk. Anatomie Bd. 8. S. 2.

„pro et contra", ob und inwiefern die Krystalloide gegen oder für eine materialistische Erklärung der Organisation, für eine Zurückführung der Organisation auf die Krystallisation zeugen.

Beginnen wir mit den Muskelkrystalloiden. Sie sind, um gleich mit der Thür in's Haus zu fallen, wieder ein verkehrtes quid pro quo. Weßhalb hat man sie für Krystalloide gehalten? Weil sie regelmäßig viereckig sind, weil sie das Licht doppelt brechen, weil factisch anderswo, in pflanzlichen Samen z. B., regelmäßig und eben umschlossene Eiweißsubstanzen gefunden worden sind, die, zum Theil wenigstens, gleichfalls doppelbrechend sind. Jeder dieser Gründe nun ist nicht beweisend, also auch nicht alle zusammen. Ein noch so vollkommener Würfel, aus einer Kartoffel geschnitten, ist noch lange kein würfeliger Krystall; Doppelbrechung kennt man auch bei nicht krystallisirten Stoffen, z. B. beim comprimirten oder rasch gekühlten Glas[1]; von den Eiweißkrystalloiden ist nicht bewiesen, daß ihr Eiweiß derselben Art angehört, wie dasjenige der Disdiaklasten; es sprechen vielmehr triftige Gründe für das Gegentheil. — Sehen wir dann zweitens auf die Art und Weise hin, wie diese Doppelkästchen sich verhalten bei der Muskelcontraction, wie „der contractile Fleischstoff" des Doppelkästchens die Mittelzone verläßt, um an den „Endscheiben" sich „anzupressen", und wie umgekehrt die Flüssigkeit in der Mittelzone sich anhäuft; wie dann in Folge dieser inneren Umlagerung die Muskelkästchen in der Querrichtung in die Breite gehen und der Länge nach sich verkürzen; beachten wir, daß die Doppelkästchen nicht unmittelbar neben einander liegen, sondern jedes sorgsam in eine zarte, völlig durchsichtige Haut verpackt ist und alle zusammen, durch Kittsubstanz verbunden, in häutige Sarkolemmaröhrchen eingekapselt sind[2]: so erkennen wir auf den ersten Blick, daß hier doch etwas ganz Anderes vorliegt, als in den bloßen Molekelaggregaten des krystallisirten Eiweißes. — Faßt man drittens die Contraction der Muskelfaser schärfer in's Auge, so überzeugt man sich unschwer, wie

[1] Vgl. hierzu Strasburger, Zellhäute. S. 208 ff.

[2] Reclam a. a. O. S. 616. C. Schipiloff und A. Danilewsky haben in allerjüngster Zeit die Kästchenstructur des Muskels bestätigt und die Substanzen zu bestimmen gesucht, welche die verschiedenen Theile des Muskelfadens zusammensetzen. Sie fanden, daß Lecithin und Myosin wesentlich an der Doppelbrechung sich betheiligen. Das Myosin lassen nun freilich auch sie in krystalloidem Zustande innerhalb des Muskelkästchens existiren. Im Grunde wollen sie aber damit nur sagen, daß es in einem Zustande vorhanden sei, in dem es Doppelbrechung veranlasse. Vgl. Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft Bd. 14 (1881) S. 2598.

oberflächlich eine Erklärung ist, welche Alles auf eine Transposition der Muskelkästchen reduciren will. Diese Contraction ist himmelweit verschieden von einer Zusammenziehung eines gespannten Gummibandes. Der Leser möge sich nur des Bildes erinnern, das wir von derselben im ersten Theile (S. 43—48) entworfen haben. Sie ist ein Lebensvorgang, bei dem chemische, molekulare und mikroskopische Stoffverschiebung nur sehr untergeordnete Elemente sind. Wenn ein massiver Brabanter Gaul mit Aufgebot aller seiner Muskelkraft einen schweren Kohlenwagen über das Pflaster bewegt, oder ein Windspiel pfeilschnell über die Ebene hinter einem Hasen herjagt, wenn ein Lämmergeier seine Beute mit wuchtigem Flügelschlag auf eines Berges Spitze trägt oder die Riesenschlange in schrecklicher Umarmung einem Vierfüßer die Rippen bricht, so sind gewiß die unendlich kleinen Muskelkästchen dabei mitthätig; die Millionen kleiner „Bewegungselemente" werden aber nur dadurch zu einer gewaltigen Macht, weil sie zusammen mit anderen Stoffen zu einem lebendigen Organe eines lebendigen Thieres geeint werden. Und nur in diesem Sinne kann in Wahrheit auf sie der Spruch angewandt werden[1]: „Einigkeit macht stark", nicht aber im mechanischen. Wie wenig wesentlich übrigens die Muskelkästchen für die Muskelcontraction sind, zeigen die glatten Muskeln. Auch diese besitzen Contractilität, und doch hat man in ihnen keine Spur von Disdiaklasten entdecken können. — Die Muskelkrystalloide können somit dem Lebensprincip nichts anhaben, und noch weniger die auf sie gebauten Verallgemeinerungen.

Die natürlichen und künstlichen Eiweißkrystalloide sind allerdings feststehende Thatsache, an der man nicht zweifeln kann. Sind aber deßhalb auch schon die aus ihnen gezogenen Schlüsse richtig? Gewiß nicht. — Zum vornherein ist der wichtige Punkt wohl zu bedenken, daß die Eiweißkrystalle nirgendwo als Bestandtheile eines organisirten, belebten Gewebes vorkommen[2]. Aller Wahrscheinlichkeit nach haben die Eiweißkrystalle der Samen nur die Bedeutung von Reservestoffen, die, bevor sie beim Keimen und Auswachsen des Sämlings zum Ausbau des Organismus verwerthet werden, erst wieder gelöst oder verflüssigt und

[1] Reclam a. a. O. S. 620.

[2] So gibt van Tieghem an, daß bei Mucorineen die Eiweißkrystalle allem Anscheine nach aus „einer eliminirten Substanz bestehen", und Strasburger bemerkt hierzu: „Dieser Fall ist instructiv, weil er doch wohl zeigt, daß es sich bei der Bildung dieser Eiweißkrystalle nicht um eine organisirende Thätigkeit, sondern um einen einfachen Krystallisationsvorgang handelt." (Über Bau und Wachsthum der Zellhäute. S. 171.)

dann noch weiter umgebildet werden müssen. Ihre Structur erlaubt somit keinen directen Schluß auf die als Organisation bezeichnete Structur. — Aus ihrer Krystallisation läßt sich aber auch sonst in keiner Weise eine Krystallisation der organisirten Materie wahrscheinlich machen. Daß Eiweißstoffe überhaupt krystallisiren können, hat nichts Befremdendes; selbst dann nicht, wenn sie auch mit denen des organisirten Eiweißes chemisch identisch wären — was aber nicht der Fall ist[1]. — Die Eiweißsubstanzen sind chemische Stoffe, wie andere organische; warum sollten sie nicht wie Zucker und Stearinsäure krystallisiren dürfen? Wenn sie krystallisiren, so geschieht dieses wie bei anderen krystallisirenden Substanzen; sie lagern sich, Molekel an Molekel, gleichmäßig um die Symmetrieebenen vertheilt. Dieß beweist ihre äußere Form, ihr Verhalten gegen den Lichtstrahl, sowie auch selbst beim „Quellen". Folgt aber aus der Krystallisationsfähigkeit einer oder einiger Eiweißarten, daß das Eiweiß auch im organisirten Stoffe krystallisirt sei, oder gar, daß die Organisation auf Krystallisation hinauskomme? So lange nicht nachgewiesen wird, daß im sogenannten „geformten" oder organisirten Eiweiß eben diese homogene, symmetrische, für den Krystall charakteristische Aneinanderlagerung gleichartiger Molekeln vorhanden sei, ist eine Krystallisation nicht bewiesen. Nun zwingen uns aber gerade im Gegentheil die beobachteten Structurverhältnisse des organisirten Eiweißes, eine ganz andere, wesentlich verschiedene Molekelvertheilung anzunehmen, wie im ersten Theile des Längeren gezeigt wurde. — Aber die Quellung? Auch sie hat wiederum nichts mit der Krystallisation zu schaffen. Gewiß, die Beobachtung der Quellungsfähigkeit an Eiweißkrystallen war, das geben wir gerne zu, eine recht auffällige Thatsache. Sie lehrt aber nichts anderes als dieses, daß in den Eiweißkrystallen mit der krystallinischen Molekellage noch jene Lagerung sich verbinde, welche der Grund der Quellungsfähigkeit eines Stoffes ist, und daß diese letztere Art der Molekelanordnung in den Eiweißkrystallen und in den organisirten quellungsfähigen Stoffen sich vorfinde. Ist nun aber diese die Quellungsfähigkeit bedingende Molekellage etwa gleichbedeutend mit der krystallinischen Molekelverkettung? Nie und nimmer. Es hätte unseren Gegnern doch bedenk-

[1] G. Grübler hat (Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft in Berlin. 1881. Bd. 14. S. 543) durch quantitative Analyse festgestellt, daß das krystallisirte Eiweiß einen geringeren Aschen- und Phosphorsäuregehalt besitze, dagegen einen höheren Procentsatz von Kohlenstoff, Stickstoff und Schwefel aufweise, als das nicht krystallisirte.

lich erscheinen müssen, aus der Quellung der Eiweißkrystalloide auf die Krystallisation organisirter Stoffe zu schließen, da sie unter allen bekannten Krystallen allein ausnahmsweise quellen, und da alle übrigen quellungsfähigen Substanzen nie krystallisiren. Wie kann denn die Quellungsfähigkeit der Eiweißkrystalle mir nichts, dir nichts einen Beweis abgeben für die fragliche Krystallisation der organisirten Colloide? Mit einer gewissen Indignation weist deßhalb Herr Strasburger eine solche Beweisführung von sich, wenn er sagt[1]: „Der Schluß von den Krystallmolekeln in Eiweißkrystallen aus auf krystallinische Elemente in den organisirten Substanzen will mir nicht anders erscheinen, als wie ein Schluß von beliebigen Krystallen aus auf ‚Krystallmolekeln' in entsprechenden amorphen (d. h. unkrystallinischen) Körpern." — Krystallisation, Quellung, Organisation sind, wie wir im ersten Theile (S. 79 u. 96) genugsam hervorgehoben haben, durchaus verschiedene Erscheinungen, die sich keineswegs gegenseitig bedingen, ja von denen die erste und letzte in solchem Gegensatze zu einander stehen, daß sie sich für jeden folgerichtig Denkenden ausschließen. Gegen alle Logik wäre es also, aus der einen sofort auf die andere schließen zu wollen. Die Eiweißkrystalle sind krystallinisch, weil ihre Stoffpartikeln nach den constanten Gesetzen der krystallinisch-symmetrischen Orientirung sich aneinanderreihen; quellungsfähig, weil ihre Stoffpartikeln molekular-netzförmige Structur besitzen. Die organisirten Substanzen sind organisirt, weil ihre Stoffpartikeln nicht nach den starren Symmetriegesetzen der Krystallisation, sondern nach den vielfach wechselnden Bedürfnissen einer höheren, über dem Stoffe gelegenen, planmäßigen Zweckmäßigkeit zusammengestellt werden.

Aus den quellungsfähigen Eiweißkrystallen folgt also nur das Eine, daß die Art der Molekelanordnung, aus welcher die Quellungsfähigkeit erwächst, nicht eine den lebendigen Stoffen ausschließlich zukommende Eigenschaft sei, daß aber diese Eigenschaft in diesen, oder richtiger im lebendigen Organismus, auf eine ausschließlich ihm eigene Weise für die Lebensverrichtungen verwerthet werde. Liegt aber hierin etwas Verfängliches für die Annahme eines besonderen Lebensprincipes? Wir bewundern vielmehr gerade hierin einen neuen Zug der Überlegenheit des lebendigen Organismus über alle nicht lebenden Stoffaggregate, wenn er, indem er die an und für sich quellungsfähigen Eiweißsubstanzen zu Bausteinen des lebendigen Leibes auswählt, mit staunenswerth richtigem

[1] Zellhäute. S. 231.

Griffe das Beste für seine Ziele heranzuziehen weiß. — Kurz, wir mögen uns diese Eiweißkrystalloide von welcher Seite auch immer beschauen, wir werden zwischen ihnen und dem organisirten Stoffe stets denselben Unterschied finden, welchen wir im ersten Theile zwischen Krystall und Organisirtem überhaupt nachgewiesen haben. Damit wäre auch hier für jeden Analogieschluß die Brücke weggebrochen. Total verschieden ist schon das Eiweißkrystalloid vom einfachen Stärkekorn, und doch ist dieses noch weit davon entfernt, ein Organismus zu sein; ja, aller Wahrscheinlichkeit nach ist es nicht einmal ein direct belebter Stoff, auch wenn es in der lebendigen Zelle sich findet; noch viel mehr verschieden aber ist das Eiweißkrystalloid vom lebendigen Protoplasmaleibe des untersten Zellchens.

Künstliche Zellen. — Wir kommen nun zu einer zweiten Klasse von Thatsachen, mit denen man die Organisation als ein ordinär stoffliches Phänomen beweisen zu können glaubte oder vorgab. Es sind diese die sogenannten „anorganischen" oder „künstlichen Zellen". Das lautet gefährlich! Eine künstlich dargestellte, wahre, lebendige Zelle genügt, um das Lebensprincip überall aus dem Felde zu schlagen. Doch nur keine Angst, obige Bezeichnungen sind nur hochtrabende Namen für Etwas, das ihnen gar nicht entspricht, für sonderbare anorganische Schleimbälge oder Schleimbläschen, die man erhielt, als man sich mit der eitlen Hoffnung trug, wahre organische Zellen zu fabriciren. Nur weil in der allerletzten Zeit die Herren Denis Monnier und Carl Vogt wieder sehr kühn mit diesen erbärmlichen Gebilden um sich geworfen[1] und noch fernere Arbeiten über diesen Gegenstand in Aussicht stellen, sehen wir uns veranlaßt, ihnen einige Aufmerksamkeit zu schenken. Der Leser möge aus diesem Angriff wieder abnehmen, mit welchen Waffen unsere Gegner kämpfen, und wie unnütz manche Forscher Zeit, Talent und Arbeit verschwenden. Er wird es mir dann nicht verdenken, wenn ich auf die künstlichen Zellen Göthe's Worte anwende:

„Dummes aber vor die Augen gestellt
Hat ein magisches Recht;
Weil es die Sinne gefesselt hält,
Bleibet der Geist ein Knecht."

Ich erinnere mich, vor 17 Jahren schon in einem ganz alten Buche unter mancherlei chemischen Spielereien auch eine gelesen zu haben, die

[1] Journal de l'anatomie et de la physiologie. 1882. T. XVIII. p. 117; u. Naturforscher 1882, Bd. 15. S. 227.

den Titel führte: „Der Marsbaum". Da sie mir als Spielerei gefiel, notirte ich sie mir, um das Recept bei Gelegenheit zu verwerthen. Das Wesentliche bestand darin, eine Lösung von Wasserglas zu bereiten und in sie Stückchen von trockenem Eisenchlorid zu bringen. Um diese sollten sich — wie es auch in der That geschieht — artige, algenförmige Vegetationen ausbilden. Später, im Jahre 1867, sah ich dann, wie Dr. L. Cl. Marquart[1] während der Herbstversammlung des naturhistorischen Vereins für Rheinland und Westphalen in Bonn unter anderen „chemischen Spielereien, die Herr R. Böttger in Frankfurt schon vor den deutschen Naturforschern und Ärzten ausgeführt habe und die theilweise mehr oder minder bekannt seien" auch das „Aquarium chimicum" reproducirte. Ich selbst habe sie schon damals mehreremale dargestellt und Anderen gezeigt. Ich staunte daher nicht wenig, als ich im Jahre 1874 im „Naturforscher" las, daß Herr M. Traube entdeckt habe, künstliche Zellen zu machen[2], diese „Entdeckung" im Wesentlichen aber auf die eben erwähnte „Spielerei" hinauslief. 1875 machte Herr J. Reinke dieselbe abermals zum Gegenstand seiner Untersuchung und gelangte zur Überzeugung, „daß doch ein tiefer Unterschied zwischen der wahren Zellhautbildung und den Wachsthumsvorgängen dieser anorganischen Zellen bestehe"[3]. Wieder etwas später kam Herr F. Cohn auf eben diesen Gegenstand zurück, ohne indessen wesentlich Neues vorzubringen[4]. Seitdem figuriren die anorganischen Zellen als „erster glücklicher Erfolg" im Streben, Organismen künstlich zu fabriciren, in vielen Büchern und Schriften. Sehen wir, wie viel ächte Waare an diesem Erfolge ist, und orientiren wir uns zu diesem Ende erst über die Natur und Entstehung dieser zu hohen Ehren gelangten Gebilde.

Wenn im obigen Experimente Eisenchlorid mit Wasserglaslösung oder in den Experimenten Traube's Kupfervitriol mit einer Lösung des gelben Blutaugensalzes und getrockneter Leim mit Gerbsäurelösung in Berührung kommen, so bildet sich nach wohlbekannten Gesetzen an den Berührungsstellen beider Substanzen, d. h. an der Oberfläche der in die Flüssigkeit gelegten oder eingehängten Stückchen, ein gelatinöser Niederschlag, und zwar im ersten Beispiele von Kieselsäure mit mehr oder

[1] Verhandlungen des naturhistor. Vereins für Rheinl. und Westphalen. 1867. Bd. 24. S. 103 im Correspondenzblatt.

[2] Naturforscher 1874, Bd. 7. S. 481.

[3] Ebendaselbst 1875, Bd. 8. S. 327.

[4] Ebendaselbst 1876, Bd. 9. S. 313.

weniger Eisensilicat und Eisenoxydhydrat, im zweiten von Ferrocyankupfer und im dritten aus gerbsaurem Leim. Dieser Niederschlag bildet im ersten Stadium eine zusammenhängende Membrane, welche das feste Stückchen allseitig umhüllt. Nachdem so eine Scheidewand zwischen der äußeren Lösung und der inneren festen Substanz entstanden, dringt Wasser vermittelst Endosmose zwischen Hülle und feste Substanz, treibt die Hülle etwas auseinander und löst gleichzeitig von dieser etwas auf. Wegen des letzteren Umstandes gelangen fortwährend Theilchen der festen Substanz bis zu der gelatinösen Hülle und können dort mit den Salzmolekeln der äußeren Lösung in Reaction treten und so das Niederschlagsgeschäft fortsetzen. In Folge hiervon verdickt sich die Hülle im selben Maße, als sie sich wegen des wachsenden Druckes von innen heraus vergrößert. Dieß ist die ganze Natur und Entstehung der schleimigen Niederschlagsbälge oder Niederschlagsbläschen oder der künstlichen „Zellen"; alles Andere ist Nebensache und hängt von wechselnden Nebenumständen ab. Wenn z. B. die Ausweitung der Hülle gleichmäßig um den runden Leimtropfen geschieht, entsteht ein kugeliges Bläschen: „sphärische Zellen"; wenn wegen Differenzen im specifischen Gewicht oder wegen Entwicklung von Gasbläschen innerhalb der Hüllen die Dehnung einseitig geschieht, so bilden sich lange Schläuche und mehrfach eingeschnürte Röhren; wenn die ursprüngliche Membrane ungleich dick und stark ist, so werden an den schwächeren Punkten oft die absonderlichsten Protuberanzen und Ausstülpungen hervorgetrieben u. dgl. m. — Alles in Allem genommen, finden wir hier überall nur einfache chemische und physikalische Vorgänge, die sich zu den specifischen, wahren Zellen wie die Nacht zum Tage verhalten. Gesetzt aber auch, man hätte durch diese Niederschlagsprocesse Producte erzielt, die mit den wahren Zell*häuten* — denn nur mit diesen können sie allenfalls verglichen werden — in Gestalt und Structur übereinstimmten, was dann? Hätte man damit auch schon eine lebendige Zelle oder auch nur einen unbelebten Zellleib dargestellt? Nie und nimmer. Wir haben im ersten Theile (S. 20) gesehen, daß die Membrane für die Zelle ganz unwesentlich ist, daß sie sich zum wahren Zellleib verhält, wie die Schneckenschale zur Schnecke. Es haben aber in Wirklichkeit diese organischen Zellhäute in Form, Structur und Entstehung mit wahren Zellmembranen nichts gemein, als ein paar Äußerlichkeiten. Man lese nur die thatsächlichen Beobachtungen nach, die wir S. 86 u. 91 über diesen Gegenstand mitgetheilt haben. Die wirklichen Zellhäute sind nicht schleimige, homogene, structurlose Molekelaggregate,

sondern kunst- und planvolle Bauten, deren Verschiedenheit nicht vom Material und den äußeren Umständen abhängt, wie bei den künstlichen, sondern bei gleichbleibendem, nicht gelatinösem Material von der Art des Zellenbewohners, von dem bestimmten Ziel, auf das er in Allem hinsteuert; sie entsteht nicht durch einfache Doppelzersetzung zweier Salze und Ausscheidung einer dritten aus zwei präexistirenden Lösungen, sondern durch Transformation des Protoplasmaleibes an präformirten Stellen. Wie stimmt nun aber dieses alles zu den kolossalen Resultaten, welche Denis-Monnier und Vogt aus ihren Schleimröhren und Schleimblasen ableiten? Wir wollen von den acht Sätzen, die sie gleich Eckpfeilern aufpflanzen, nur die ersten beiden anführen; sie richten sich selbst.

„1. Formgebilde, welche alle Charaktere darbieten, die den organischen Elementen eigen sind, wie einfache Zellen mit Porenkanälen, Röhren mit Wänden, Scheidewänden, heterogenem, körnigem Inhalt, können künstlich erzeugt werden in einer geeigneten Flüssigkeit durch das Zusammenwirken zweier Salze, die durch Doppelzersetzung zwei oder ein unlösliches Salz bilden. Das eine von den Salzen muß in der Flüssigkeit gelöst sein, während das andere in fester Form zugegen sein muß.

„2. Die Formen organischer Elemente (Zellen, Röhren) entstehen ebensowohl in einer Flüssigkeit organischer oder halborganischer Abstammung, wie in einer absolut unorganischen Flüssigkeit; man kann von nun an nicht mehr fragen nach unterscheidenden Formen, welche die unorganischen Körper auf der einen Seite, die organischen auf der anderen Seite charakterisiren."

Heißt das den Lesern nicht Sand in die Augen streuen? Und dieß auf so grobe Art, daß fürwahr nur Gimpel sich damit treffen lassen. Wenn die exacte Forschung des Herrn C. Vogt in seinen alten Tagen einen solchen Grad von Bodenlosigkeit und Verschwommenheit erreicht hat, so hat sie sich abgelebt und ist selbst zu einem unschädlichen Schleimgebilde geworden![1]

[1] Diese „anorganischen Zellen" erinnern lebhaft an die Meteoriten-Organismen des Dr. Otto Hahn, ein ebenso eclatantes Beispiel des heutigen Forscher-Leichtsinnes! Nachdem dieser „Forscher" 1879 in seiner Schrift „Die Urzelle" so absonderliche Behauptungen über die Verbreitung der Organismen in Meteorsteinen und in den Schmelzgebilden des Basalts, Granits ꝛc. aufgestellt hatte, daß jeder bedächtige Mann seine Entdeckungen mitleidig belächeln oder, wie ein Kritiker sich ausdrückte, „darüber vor Bewunderung erstarren" mußte, fand er es für gerathen, 1880 sofort eine größere Arbeit über denselben Gegenstand folgen zu lassen unter dem Titel: „Die Meteorite und ihre Organismen". In ihr bemühte er sich, mit mehr Exactheit vorzugehen und statt allgemeiner Behauptungen bestimmt formu-

Man hat nicht bloß einzelne Thatsachen zu Beweisen dafür aufgebauscht, daß der Organismus und seine Thätigkeit ein Ergebniß chemisch-physikalischer Stoffaction sei; nein, man ging auch weiter. Vielumfassende, auf eine Reihe von Thatsachen und auf Speculation gleichzeitig basirte Lebenstheorien wurden ausgedacht. So besonders von Herrn Professor **J. Bernstein.** In einer Abhandlung, die er unter dem Titel: „Über die Kräfte der lebenden Materie" in dem Programm der Universität Halle vom Jahr 1880 veröffentlichte, nimmt er einen kühnen Anlauf zur physikalischen Erklärung des Lebens[1]. Wie wir gleich zeigen wollen, kommt er dabei nicht weit und beweist mit seiner Erklärung des Lebens klar dessen Unerklärlichkeit auf dem von ihm eingeschlagenen Wege.

Mit Herrn Löw geht auch Herr Bernstein von dem Principe aus: „Seitdem man an die Stelle der Lebenskraft die Kräfte der todten Natur gesetzt, trete auch die Aufgabe an die Physiologie, mit Hilfe dieser Kräfte den Gestaltungstrieb in der lebenden Natur zu erklären." Da er sich nun davon überzeugt hatte, daß die chemischen und physikalischen Kräfte, so wie sie gewöhnlich wirken, die Lebensthätigkeiten des Organismus nicht hervorbringen können, glaubt er deren Ursachen in der eigenthümlichen

---

lirte Nachweise zu liefern. An die Stelle der vom Autor auf 30 lithographirten Tafeln gezeichneten Organismen in der ersten Publication wurden der zweiten 32 Tafeln beigegeben, die als photographische Reproductionen der mikroskopischen Bilder den Beweis der Ächtheit und Wahrheit in sich selbst trugen. Das sog. Selbst Charles Darwin sprach sich jetzt günstig über die neue Entdeckung aus; Prof. H. Karsten ergriff offen für dieselbe Partei, ein Dr. F. Weinland vertheidigte sie in einem eigenen Schriftchen. Und dennoch waren die auffälligen getreuen Zeichnungen in den Meteoriten dadurch, daß sie mit Schwämmen, Korallen, Crinoideen, Muscheln ꝛc. identificirt wurden, nicht beweiskräftiger geworden, noch weniger aber die geradezu haarsträubenden Hahn'schen Perspectiven in die kosmische Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft. Zum Glück wurden diese „Entdeckungen" unschädlich gemacht, bevor sie noch die Confusion in weite Kreise tragen konnten. Die höchst competenten Forscher und Experimentatoren auf dem Meteoritengebiete, Daubrée und St. Meunier in Paris, stellten nämlich künstlich Meteoritenmassen dar mit genau denselben „Organismen", wie sie Hahn in natürlichen Meteorsteinen aufgefunden hatte. Sie hatten sich in der Rothgluth eines Porcellanofens und unter Mitwirkung von Chlorsilicium- und Wasserdämpfen auf metallische Massen gebildet! In der That eine merkwürdige Brutstätte für Lebendiges! Bei genauer Besichtigung erwiesen sich aber diese Organismen für nichts Anderes als embryonale Krystallisationen der Mineralien Enstatit und Olivin, wie man solche schon längst in den aus Schmelzfluß hervorgegangenen Gesteinen kennt. Man vergleiche z. B in dem Buche: „Mikroskopische Beschaffenheit der Mineralien und Gesteine" von Prof. F. Zirkel (1873) die Figuren auf S. 89, 93, 354 u. a.

[1] Vgl. Naturforscher 1880, Bd. 13. S. 389.

Combination der Stoffe suchen zu müssen, welche den Organismus vor anderen Stoffaggregaten auszeichnet und in welcher die chemischen und physikalischen Kräfte selbstverständlich auch anders wirken müssen, als dort, wo sie in anderer Combination sich vorfinden. Soweit wären die Ausführungen des Verfassers ganz gut. Was ist aber nun nach ihm das Wesentliche dieser eigenen Stoffcombination, aus der von selbst das Leben sprudelt? Bei der Diskussion dieser heikeln Frage findet er, daß erstens gleichartige Molekeln, wie immer nebeneinandergelagert, nichts nützen, da sie nur homogene krystallinische oder unkrystallinische Aggregate bilden können, daß aber zweitens verschiedenartige Molekeln im flüssigen Zustande jede formbildende Ursache in der Materie ausschließen. Er folgert deßhalb: die Constitution der organisirten, lebenden Materie könne nur in ein „Aggregat chemisch-differenter Molekülgruppen", die er physiologische Moleküle nennt, verlegt werden; außerdem aber müßten die Molekülgruppen der lebenden Materie „als feste Körperchen in einer vollkommenen Flüssigkeit" sich befinden. Je nach der Beschaffenheit der lebenden Materie könne man sich nun vorstellen, daß die Molekülgruppen entweder in der Flüssigkeit beweglich lägen oder durch Attractionskräfte zu regelmäßig angeordneten höheren Gruppen miteinander vereinigt seien, innerhalb deren die Molekülgruppen oder physiologischen Moleküle beweglich zu denken seien. Eine solche Vorstellung der lebenden Materie „scheint ihm die Möglichkeit in Aussicht zu stellen, neben den chemischen Kräften, welche die einzelnen chemischen Verbindungen gegeneinander ausüben, andere uns unbekannte Molekularkräfte zu erwecken, auf welche nicht nur die formbildende Ursache in der lebenden Materie zurückgeführt werden könnte, sondern die auch auf den Verlauf des chemischen Processes bestimmend einwirken müßten". Diese Molekularkräfte, welche „neben den chemischen bei der Berührung heterogener Körper" auftreten und von denen Herr Bernstein das ganze Leben ableiten will, nennt er kurzweg „Contactkräfte" und rechnet zu ihnen „die Ursachen der Adhäsion, Reibung, Capillarität der elektrischen Spannung, der katalytischen und Fermentwirkungen".

„Denn eben wo Begriffe fehlen,
Da stellt ein Wort zur rechten Zeit sich ein."

Gewiß, auf große innere Klarheit kann diese Lebensursache nicht Anspruch machen; sie hängt zudem ganz in der Luft. Vor dem Begriff der „Lebenskraft" kann sie also selbst in den Augen unserer Gegner nichts voraus haben. Hieran wollen wir uns aber weiter nicht stoßen;

denn wir wissen ja wohl, wie man auf dem Gebiete der Experimentalwissenschaften oft mit sehr unsicheren allgemeinen Hypothesen den Anfang macht und hernach dennoch zu befriedigenden positiven Resultaten gelangt. Wenn uns also Herr Bernstein mit seinen „Contactkräften" das Leben in der That irgendwie zu erklären vermag, so wollen wir über ihr Existenzrecht nicht weiter hadern. Da ist aber nun gerade der Haken; die weitere Entwicklung des Grundgedankens bringt uns vom Regen in die Traufe. Der Leser möge für das Folgende alle seine Aufmerksamkeit sammeln; denn je verwickelter die Verhältnisse sich gestalten, um so „wissenschaftlicher" wird die Erklärung.

Mit analytischem Genie geht Herr Prof. Bernstein vom denkbar einfachsten Falle aus. Er nimmt zwei im Contact befindliche, chemisch differente physiologische Moleküle innerhalb einer geeigneten Flüssigkeit als gegeben an und argumentirt wie folgt: „Denken wir uns ihre kleine Berührungsfläche als eine Ebene, die wir als xy-Ebene betrachten wollen, auf welche die z-Coordinate errichtet sei, so ist damit eine Orientirung im Raume gegeben. Welcher Art auch die Contactkraft sein möge, welche in der xy-Ebene auftrete, es ist anzunehmen, daß der chemische Proceß, der durch die Atome beider Molekülgruppen und der umgebenden Flüssigkeit entsteht, durch diese Contactkraft beeinflußt wird, daß er dadurch in der einen Richtung gehemmt oder ausgelöst werde. Es ist daher *vorstellbar*, daß, wenn die umgebende Flüssigkeit Stoffe enthält, aus welchen sich die Bestandtheile von physiologischen Molekülen aufbauen können, unter dem Einflusse der Contactkraft die Ablagerung neuer Substanz nach bestimmten Richtungen des Raumes stattfindet, so daß organisirte Formen daraus entstehen (!). Die beiden ursprünglichen Molekülgruppen können daher vermöge ihrer Beschaffenheit, ihrer Gestalt und ihrer gegenseitigen Lage und Einwirkung gleichsam als Keime (!) für eine daraus hervorgehende organische Entwicklung *gedacht* werden (!). Eine solche Entwicklung wird um so complicirter sein müssen, je mehr Molekülgruppen verschiedener Beschaffenheit zu einem Keime vereinigt sind. Immer aber wird die daraus hervorgehende, organisirte Form als eine Function der unabhängigen Variabeln des Keimes angesehen werden können." So die theoretische Ableitung der Organisation der lebenden Materie vermittelst der Contactkräfte — mit mathematischem Firniß. Durch die Fixirung der zwei Keim-Molekelgruppen zwischen die drei Raumcoordinaten gewinnt fürwahr die Theorie einen so hohen Grad von Klarheit und Schärfe, daß gewiß jedem Leser das Sehen vergangen sein wird.

Nachdem nun so die „wissenschaftliche" Grundlage für die Theorie gewonnen ist, werden positive Belege zu ihrer Stützung aus allen Gebieten der Forschung herbeigebracht. — An ihrer Spitze glänzen die unheilvollen Schleimbälge, die wir S. 157 ff. hinlänglich ausgeklopft zu haben glauben. Als ein zweites Beispiel dafür, wie „durch die Contactkräfte Hemmungen und Auslösungen chemischer Processe" erfolgen können, figurirt das Daniell'sche galvanische Element, in welchem auch die Berührungsflächen zwischen der Zink- und Kupferplatte „richtend auf den chemischen Proceß einwirken". Hierauf Bezug nehmend wird dann der elektrische Proceß als ein nach den Coordinaten des Raumes orientirter chemischer Proceß aufgefaßt (!) — als ob das nicht von einem jeden materiellen Phänomen, Herrn Bernstein nicht ausgeschlossen, gesagt werden könnte — die in demselben thätige Contactkraft aber als eine auslösende Kraft, welche vorhandene chemische Kräfte in bestimmter Richtung frei macht. Weil nun andererseits die Theilungsvorgänge in den lebendigen Zellen eine Anordnung der Stoffe innerhalb der Zelle veranlassen, die durch ihre „Curven" lebhaft an eine Entstehung aus elektrischen Kräften erinnert und weil dann sonst auch der elektrische Contact in den Lebensprocessen eine große Rolle spielen soll, so wären hiermit die Contactkräfte als mögliche Ursachen der Lebenserscheinungen bewiesen.

Doch damit wäre noch wenig geschehen. Herr Bernstein versucht uns nun auch über die Eigenschaften und Form seiner hypothetischen Molekelgruppen, zwischen denen die Contactkräfte thätig sind, eine genauere Vorstellung zu vermitteln. Er steht nicht an, dieselben geradezu mit den Muskelkästchen oder Doppelbrechern (S. 151) der quergestreiften Muskeln zu identificiren. Und welches ist sein Beweis dafür? „Doppelbrechung," so meint er, „ist in vielen Zellen und Zellenbestandtheilen beobachtet und scheint eine allgemeine Eigenschaft des contractilen Protoplasma's zu sein, die um so deutlicher hervortritt, je höher entwickelt das motorische Organ ist. Die krystallinischen Disdiaklasten sind also sehr weit verbreitet, und die Molekülgruppen, aus denen die lebendige Materie sich zusammensetzt, können demnach ganz allgemein als kleinste Krystalle aufgefaßt werden, die, soweit sie einfach brechend sind, ihre Gegenwart durch nichts verrathen, und wenn sie doppelbrechend sind nur dann, wenn sie nach denselben Richtungen orientirt sind. — Die Bildung der physiologischen Moleküle in der lebenden Materie ist also eine Krystallisation ihrer chemischen Bestandtheile in kleinster Form innerhalb der Ernährungsflüssigkeit. Dieselben molekularen Kräfte, welche

der anorganischen Materie die Krystallform verleihen, sind es auch, welche zur Gestaltung der organisirten Materie führen". Sonderbarer Beweis! Ein Agglomerat ebenso vieler grundloser oder falscher Behauptungen als Sätze. (Vgl. S. 150 ff.) Da er auch dem Verfasser nichts weniger als durchschlagend schien, hält er es für gerathen, ihn dadurch annehmbarer zu machen, daß er dem Begriff der Krystallisation seine schroffen Seiten abzustreifen, ja ihn ganz zu verwischen sucht. Sehen wir dieses logische Kunststück! Die Formen, welche die chemischen Substanzen unter den gewöhnlichen Krystallisationsbedingungen zeigen, sind auch nach ihm freilich total andere, als jene Formen, welche die Organismen ausprägen. Dieß kommt aber nur daher, weil dort gleichartige Molekeln aus einer wässerigen Lösung sich ausscheiden. Sobald Molekeln einer dritten Substanz activ und orientirend in den Krystallisationsproceß eingreifen, entstehen sofort Gebilde, welche mit den organisirten schon mehr harmoniren. Dieses beweisen ihm die Eisblumen, welche im Winter an unseren Fensterscheiben sich ansetzen, jene „Krystallvegetationen, die sich aus einer dünnen Flüssigkeitsschichte auf einer festen Oberfläche absetzen und nur dadurch zu Stande kommen, daß die Gruppirung der kleinen sich ausscheidenden Kryställchen von Capillarkräften zwischen der festen Oberfläche und der Flüssigkeit beeinflußt werden". Einen weiteren Beleg bilden ihm dann die baumartigen Zeichnungen, die man oft auf Schichtflächen der Gesteine antrifft und die unter dem Namen „Dendriten" gehen. „Wenn nun schon," so argumentirt Herr Bernstein siegesgewiß weiter, „unter so einfachen Bedingungen die mannigfachsten Bildungen, die sich der Berechnung gänzlich entziehen (leider!), auftreten, so ist es vorstellbar, daß in der lebenden Materie unter viel complicirteren Bedingungen, die mit chemischen und wahrscheinlich auch mit elektrischen Processen verbunden sind, die verschiedenartigsten Formen entstehen. Es ist endlich vorstellbar, daß die gegenseitige Lagerung der physiologischen Moleküle in den Keimen mit Nothwendigkeit zu derjenigen Formentwicklung hinführt, welche aus jenen hervorgeht." O si tacuisses! — Aus Obigem geht nämlich nur das hervor, daß Herr Bernstein das Unvorstellbare mit Leichtigkeit sich vorstellen kann. Glaubt er aber damit schon für Andere etwas bewiesen, erklärt zu haben?

Nachdem er durch seine Luftsprünge bis zum Schlusse vorgedrungen, „die lebendige Materie sei als ein durch Contactkräfte regulirter Mechanismus zu betrachten", erschwingt er sich auch zur Lösung der

allgemeineren Fragen über die erste Entstehung des Lebens und über die Entwicklung des Lebendigen von seinen niedrigsten Anfängen an bis zu seiner heutigen reichen Ausgestaltung und läßt in Bezug auf Kühnheit des Vorgehens einen Darwin und Häckel weit hinter sich. Indessen, blinder Eifer schadet nur, — ich fürchte, Herr Bernstein sei dabei nicht glücklicher geflogen, als dereinst der arme Schneider von Ulm. Der Vollständigkeit wegen wollen wir den Leser auch über diese Luftfahrt kurz informiren. — Auf Grund der bisher gewonnenen Resultate ist es ihm sofort wieder *vorstellbar*, daß eine Mischung, *sofern sie nur aus geeigneten Substanzen* zusammengesetzt würde, durch Urzeugung auch Lebendiges hervorbringen könnte. Wenn nun nichtsdestoweniger die vielen in dieser Richtung angestellten Experimente thatsächlich alle mißglückten, so scheint ihm dieses daran zu liegen, daß die hierzu verwendeten Substanzen unter den heutigen Bedingungen nur dann ein physiologisches Molekül erzeugen können, wenn sie, wie bei der Ernährung und beim Wachsthum, *mit einem bereits vorhandenen* physiologischen Molekül in Berührung kommen. Nach seiner Theorie „finde ja auch die Bildung der kleinsten Kryställchen (welche die physiologischen Moleküle repräsentiren) erst *innerhalb der lebenden Zellen* statt, und zwar *unter dem Einfluß der bereits vorhandenen* physiologischen Moleküle". Das lautet denn doch zu curios! Herr Professor! damit schlagen Sie ja dem Lebensfaß, das Sie so mühsam gezimmert, mit eigener Hand den Boden aus. Oder wollen Sie Ihre Leser alle bei der Nase herumführen? Sie gestehen mit obigen Worten, daß die physiologischen Moleküle aus der gewöhnlichen Materie mit ihren gewöhnlichen Kräften sich nicht bilden können. Das Gegentheil wollten Sie uns aber ja beweisen. Was nützen uns da noch Ihre räthselhaften Contactkräfte? Doch nein, Herr Bernstein weiß sich auch hier zu helfen. Mit einer außergewöhnlichen Vorstellungsgabe verbindet er auch eine Logik, wie sie anderen Menschenkindern versagt ist. Er schließt nämlich gerade umgekehrt so: „Diejenigen Substanzen aber, aus welchen sich vor undenklicher Zeit die *ersten* physiologischen Moleküle bildeten, waren *höchst wahrscheinlich* von ganz anderer chemischer und physikalischer Constitution, als diejenigen, welche wir jetzt aus den abgestorbenen Organismen darstellen, um sie in derartigen Versuchen (zur Urzeugung) zu verwenden, und die erste sich so bildende, lebende Materie hatte *höchst wahrscheinlich* eine ganz andere Beschaffenheit, als die einfachsten lebenden Organismen der Jetztwelt." Ist das nicht eigen-

thümliche Forscherweisheit? Für jeden Chemiker ist ja das gerade Gegentheil höchst wahrscheinlich, nämlich, daß die chemischen Substanzen, aus denen zu Anfang die lebende Materie sich hätte entwickeln müssen, chemisch und physikalisch dieselben waren, wie diejenigen, die uns heute noch zu den Experimenten zu Gebote stehen. Dem Physiologen aber kann die in allen lebendigen Organismen constante chemische, physikalische und physiologische allgemeine Naturanlage während der ersten Entwicklungsperiode nur die Annahme wahrscheinlich machen, daß sie auch bei der ersten lebenden Materie vorhanden gewesen. Aber Herr Bernstein muß eben die Urzeugung à tout prix halten, wenn seine Theorie etwas sagen soll; deßhalb läßt er fünf gerade sein und das Unwahrscheinliche wahrscheinlich. So die erste Entstehung.

Nun die Weiterentwicklung und Vervollkommnung der ganzen Lebewelt. Ein Machtspruch — und damit fährt Herr Bernstein jedenfalls klüger — muß über alle Klippen hinweghelfen. Wir hören nämlich, daß sie „nur nach der Darwin'schen Theorie physiologisch denkbar" sei mit „Voraussetzung einer ununterbrochenen Continuität der physiologischen Moleküle". „Unter der Einwirkung der physiologischen Moleküle einfachster oder erster Ordnung entstanden Moleküle zweiter Ordnung u. s. w. bis zu den Molekülen n^{ter} Ordnung, als letzte Entwicklungsstufe in den Organismen der Jetztwelt." Gewiß sehr klar, fein und elegant wie ein Hexen-Einmaleins; es fehlt leider nur noch die mathematische Formel! — Die Darwin'sche Vererbung hat nach Bernsteins Theorie ihren letzten Grund in der „Eigenschaft der physiologischen Moleküle, unter constant bleibenden Bedingungen ähnliche Moleküle zu bilden". Die Anpassung aber bestände darin, „unter Einwirkung verschiedener Einflüsse Variationen von Molekülen hervorzubringen, von denen nur diejenigen, welche zu den zweckmäßigsten Formentwicklungen führen, in dem Kampfe um's Dasein den Sieg davontragen". Während also Darwin in seiner Pangenesis besondere, von lebendigen Zellen abgesonderte Keime gebraucht, welche die Träger der Lebenseigenschaften und die Ursache der Vererbung sein sollen, gelingt es Herrn Bernstein, diese Keime des Lebendigen bis auf die letzten Structurelemente der lebendigen Materie, auf seine physiologischen Moleküle zurückzuführen und diese in nebelhafter Vergangenheit durch einen mehr denn nebelhaften Vorgang auf die Elemente der anorganischen Materie, auf chemische Moleküle und Atome zu reduciren. Das Leben in seiner Organisation, in seiner Entstehung, in seiner allmählichen Entfaltung und Differenzirung erwächst

aus der gewöhnlichen Materie, und der ganze Unterschied zwischen Lebendigem und Nicht-Lebendigem beruht in der Wirkung der rein materiellen Contactkräfte zwischen heterogenen Molekülen, — quod erat demonstrandum!

Was würde wohl Herr Bernstein sagen, wenn Jemand allen Ernstes es unternähme, ihm zu beweisen, daß der glänzende Mond am nächtlichen Himmel nichts Anderes sei, als ein holländischer Käs in bengalischer Beleuchtung? Und doch ließe sich dieser Beweis nach der von ihm selbst befolgten Methode gerade so gut führen. Sehen in der That nicht alle seine Argumente aus, wie ein maskirtes Geständniß, daß mit all unseren heutigen Kenntnissen über die Stoffthätigkeit das Leben von seinem Standpunkte aus sich nicht erklären lasse? Gewiß, um die Unhaltbarkeit der Lebenserklärungen, die man an die Stelle der älteren dualistischen gesetzt hat, zu zeigen, kann man nichts Besseres thun, als die für dieselben vorgebrachten Beweise prüfen. Aus diesem Grunde haben wir uns auch die Mühe nicht verdrießen lassen, den ganzen Beweisgang des Herrn Bernstein zu skizziren, um an einem Beispiele den Leser hiervon zu überzeugen. Man halte einmal die Beweisführung der Scholastiker, die sich freilich auf anderem Boden bewegen, neben die des Herrn Bernstein, und man wird bei vorurtheilsfreier Beurtheilung unschwer zur Überzeugung gelangen, daß sie sich wie Tag und Nacht voneinander abheben. Mit der größten Einfachheit des Gedankenganges verbinden erstere gesunde Logik und eiserne Consequenz, steigen einerseits geraden Weges hinab in die letzten Tiefen der Materie, schwingen sich andererseits mit Leichtigkeit von ihr wieder empor durch alle Stufen der Wesen bis hinauf zum höchsten und eröffnen den Alles einheitlich und harmonisch umschlingenden Causalnexus. Je mehr man sich in ihre Auseinandersetzungen vertieft, desto lichter und klarer wird die sichtbare und unsichtbare Welt für das geistige Auge [1], während das Entgegengesetzte geschieht beim Studium der Speculationen, wie sie von Herrn Bernstein und so vielen Anderen producirt worden. Ungeachtet ihrer Mißerfolge nehmen sich diese aber dennoch heraus, der Speculationen der Alten über das Lebensprincip zu

[1] Dabei wird vorausgesetzt, daß man die eigene Sprache der Scholastiker verstehe. Wegen ihrer besonderen Terminologie und Stilisation ist sie nicht Jedem, der Latein kennt, sofort auch schon verständlich. Das kann ihr jedoch nicht zum ernsten Vorwurf gemacht werden, ebenso wenig wie dem Chemiker, dessen Fachschriften dem Nicht-Chemiker wegen der Kunstausdrücke und Formeln nicht sofort verständlich sind.

spotten, weil sie dieselben nicht kennen oder verstehen, oder wohl richtiger, weil sie dieselben nicht kennen oder verstehen wollen. Ganz wahr hat auch im Hinblick auf sie A. W. von Schlegel dereinst gesungen:

„Nun ist der Vorzeit hohe Kraft zerronnen;
Man wagt es, sie der Barbarei zu zeihen;
Sie haben enge Weisheit sich ersonnen:
Was Ohnmacht nicht begreift, sind Träumereien."

Wir möchten jedoch Herrn Bernstein nicht allein mit solchen allgemeinen Bemerkungen abfertigen, sondern die Hauptverkehrtheiten seiner Theorie im Zusammenhang noch besonders notiren. Wie wir schon angedeutet haben, hatte er ganz richtig erkannt, daß die Stoffthätigkeit, wie sie in den leblosen Stoffen uns entgegentritt, die Lebenserscheinungen nie hervorbringen könne; richtig war es ferner, wenn er die nächste und in die Augen fallende Ursache der Verschiedenheit zwischen leblosem und belebtem Stoffe in eine eigenthümliche Combination der Stofftheilchen legte. Unrichtig und falsch aber war es, wenn er in diese Stoffcombination das ganze Wesen und die totale Ursache nicht allein der Organisation, sondern auch aller Lebenscharaktere hineinlegen wollte. Die eigenthümliche Stoffausgliederung im Organismus ist nur die materielle Basis und Voraussetzung zu einer organisirten Thätigkeit und Entwicklung des Individuums und supponirt selbst schon das Leben. Noch verfehlter ist sein Unterfangen, das Wesen der eigenthümlichen Stoffanordnung und der daraus resultirenden Thätigkeit darein zu setzen, daß heterogene Molekeln zu festen Molekelgruppen, seinen physiologischen Molekülen, sich verbinden und in einer vollkommenen Flüssigkeit sich befinden. Dadurch streift er ja dem Organisirten sein charakteristischestes Merkmal ab, welches darin liegt, daß verschiedene Substanzen in einem und demselben Stoffcomplexe je nach dem jedesmaligen Zwecke verschieden verwerthet und ausgestaltet werden, um aus ihnen ein mannigfaltig gegliedertes und mannigfaltig wirkendes individuelles Ganzes hervorzubringen, das, so wie es auf ein Ziel hinarbeitet, so auch bei seiner inneren Anlage und Ausbildung Alles einheitlich und planmäßig für dieses Wirken vorbereitet. Er greift den einen factischen, aber sehr untergeordneten Umstand aus dem Ganzen heraus, daß in allen Organismen feste und flüssige Stoffe combinirt vorkommen, und daß erstere wieder combinirte chemische Substanzaggregate sind; die charakteristische Ausgestaltung dieser bildsamen Masse zu zweckmäßigen Gliedern des Leibesganzen, welche die Hauptsache ist, läßt er wohlweislich bei Seite. Denn zu ihrer Herleitung würden die „Contact-

kräfte" auch einem combinatorischen Genie, das noch größer wäre als das des Herrn Bernstein, ihren Dienst versagen.

Nachdem er nun das Leben seinem ganzen Umfange nach in seine physiologischen Moleküle mit Ach und Krach hineingezwängt hatte und für die Lebensentfaltung weiter nichts verlangte, als eine Flüssigkeit, in der die Moleküle schwimmen oder sonstwie enthalten sind, da hätte man erwarten sollen, er würde es sich jetzt vor Allem angelegen sein lassen, uns diese physiologischen Moleküle ihrer Entstehung und Zusammensetzung nach, ihr Verhältniß untereinander und zu der sie umgebenden Flüssigkeit zu erklären. Davor hütet er sich aber und hält es für besser, seine Lebensquellen im Dunkeln zu lassen. Dadurch, daß er sie so im Allgemeinen mit Nägeli's Micellen vergleicht, daß er sie ohne jede positive Begründung mit den Muskelkästchen indentificirt, hat er sie ja nicht erklärt, noch viel weniger aber Licht darüber verbreitet, wie aus den physiologischen Molekülen eine Zelle wird oder irgend eine der concreten specifischen Lebenserscheinungen sich entwickelt. Wo er dann später bei der Frage über die Entstehung des Lebens darauf hingedrängt wird, über die Bildung dieser physiologischen Moleküle sich bestimmter auszusprechen, da speist er uns damit ab, daß er uns sagt, heute bildeten sie sich nie mehr von selbst, einmal müßten sie sich aber von selbst gebildet haben, und deßhalb hätten wohl einmal die Sachen anders gelegen, als heute. Wegen der bedenklichen inneren Schwächen, die offenbar diesem materiellen Lebenssubstrate innewohnen, wird die ganze Kraft der Erklärung der Action desselben zugewendet und hierzu neue Kräfte, die Contactkräfte, erfunden. Sieht man sich diese jedoch wieder genauer an, so entpuppen sie sich als eine nicht sehr geschickte Mystification. Es ist ja ein ganz allgemeiner Satz, daß die mechanische, physikalische und chemische Thätigkeit nicht nur von der Masse und der Qualität des Stoffes abhängt, sondern auch von der relativen Lage der activen Theilchen, somit auch von der Art des Contactes. Wenn also Herr Bernstein unter seinem Contact nichts weiter versteht, als den bestimmenden Einfluß dieses Contactes der Stoffe auf ihre Action, wozu führt er da neue Kräfte ein, die nur im Organismus wirken sollten und nicht in der anorganischen Materie? Erblickt er aber in dem Contacte der Stofftheilchen innerhalb des Organismus eine andere Art des Contactes, so können seine Contactkräfte freilich einen guten Sinn haben. Er hätte diesen Unterschied aber andeuten und gerade die Art des Unterschiedes uns klar machen müssen. Er thut es jedoch nicht. Natürlich! wäre er dieser

Lebensspur nachgegangen, so würde er vielleicht auf den richtigen Weg zur Wahrheit gekommen sein und gefunden haben, daß die Contactkräfte nur ein anderes Wort sind für das, was die Alten Lebenskraft oder Lebensprincip genannt haben.

Diese innere Halt- und Gehaltlosigkeit der Theorie wird in etwa dadurch verdeckt, daß einzelne Annahmen derselben durch Analogiegründe gestützt werden. Bei nüchterner Prüfung erweisen sich aber auch diese nicht viel fester, als jene Annahmen selbst. Wenn Herr Bernstein am Daniell'schen Elemente, an den Eisblumen, Dendriten u. a. m. die Wirkung der Contactkräfte klar machen wollte, hätte er zunächst auf diese Beispiele und ihre Analogie mit den Contactwirkungen im Organismus eingehen müssen und sich nicht mit einem leichten Hinweise auf diese Gegenstände begnügen sollen. Beweisen aber nun diese Beispiele irgend etwas? Gewiß beweist jede physikalische Maschine, jede geladene Flinte, jeder functionirende Destillationsapparat, daß durch geschickte Combination heterogener Substanzen der Stoffthätigkeit eine bestimmte Richtung gegeben werden kann, welche sie — sich selbst überlassen — nie nehmen würde. Participiren aber hierdurch diese Substanzcombinationen etwa schon an den specifischen Lebenseigenthümlichkeiten? Wenn hierbei auch Erscheinungen erzielt würden, die äußerlich den Lebensformen irgendwie ähnlich sind, wie die Eisblumen oder Dendriten oder die künstlichen Zellen, so ist damit noch keine Ähnlichkeit der gestaltenden Ursachen nachgewiesen. Die Photographie eines Baumes besitzt eine noch weit größere Ähnlichkeit mit den Vegetationsformen als die Eisblumen und Dendriten, und doch wird es Niemanden in den Sinn kommen, sie deßhalb durch Lebensthätigkeit entstehen zu lassen. Wenn ich einen Tintentropfen zwischen zwei Cartons quetsche, kann ich leicht auch dendritenartige Verzweigungen erhalten, ohne zu außergewöhnlichen belebenden Contactkräften meine Zuflucht zu nehmen. Die Eisblumen und Dendriten sind nachweislich eine gewöhnliche anorganische Krystallisation oder Molekelaggregation, welche, durch wohlbekannte, gewöhnliche Molekelkräfte beeinflußt, zufällig eine Form annimmt, die von der normalen accidentell abweicht, aber von jeder wahren Organisation wesentlich ebenso sehr verschieden ist, als die Molekelcombination eines compacten Eiskrystalles von derjenigen in einer duftenden Rose. Auch nach unserer Auffassung ist die Ausgestaltung in der Rose eine Aggregation der Stofftheilchen, bei deren Zustandekommen außer den den Stofftheilchen eigenen Kräften noch eine andere im Spiele ist und dieselben modificirt. Während aber

Herr Bernstein diese modificirende Kraft auf ein mysteriöses, nicht genau zu bezeichnendes Etwas zurückführt, das aus dem Zusammenwirken der verschiedenen combinirten Stoffe resultiren soll, und so die über alle Stoffthätigkeit hinausreichenden Lebenserscheinungen (S. 91—112) eine Resultante (!) derselben Stoffthätigkeit sein läßt, leiten wir sie von einem besonderen Lebensprincip ab, für das wir jedem die ausreichende Legitimation sammt seinem Signalement und der Bezeichnung seiner Herkunft, seines Wohnortes, seiner Bestimmung und Direction vorzuzeigen im Stande sind. Welcher von beiden Standpunkten verdient da den Vorzug?

Herr Bernstein hat sich aufrichtig alle Mühe gegeben, die physikalische Lebenserklärung in eine bestimmte Fassung zu bringen und sie auf alle fundamentalen Lebenscharaktere auszudehnen. Wenn der Erfolg dem guten Willen nicht entsprach, so kann ihm die Schuld nicht beigelegt werden: sie liegt eben in der Sache, die er vertrat. Uns aber hat er eben hierdurch einen nicht zu unterschätzenden Dienst geleistet, indem er indirect die Überlegenheit der scholastischen Lebenserklärung über die physikalische vor aller Welt offenlegte. — Die meisten seiner Parteigänger sind „klüger"; sie lassen sich auf das Einzelne nicht ein. Nur hinter allgemeinen Behauptungen sich verschanzend, argumentiren sie einfach so: Die sichtbaren Erscheinungen im Reiche des Lebendigen sind ohne Zweifel andere, als im Reiche der leblosen Materie. Da nun der Stoff seiner Natur nach hier und dort wesentlich derselbe ist, so müssen die äußeren Einflüsse auf den Stoff es sein, welche besagte Verschiedenheit bedingen; diese müssen andere sein im Organismus, als außer demselben. Weil nun ferner das innere Getriebe der Stoffmassen im Leibe der lebendigen Wesen noch lange nicht genug aufgehellt ist, um diese besonders gestalteten Einwirkungen auf den Stoff, welche im Organismus sich geltend machen, jetzt schon speciell bezeichnen zu können, so müssen wir consequenter Weise das Leben einstweilen auffassen als eine eigenthümliche Stoffthätigkeit, die unter den besonderen, nur im Organismus realisirten Bedingungen zu Stande kommt. Das heißt mit anderen Worten: aus dem Stoffe, so wie wir ihn kennen, ist das Leben nicht zu erklären; wir erklären es also aus dem Stoffe, wie die ferne Zukunft ihn einmal kennen lehren muß. Also wir erklären einstweilen nichts, decken uns aber unterdessen mit dem Dogma der allmächtigen Materie. Solchen Erklärern antworten wir kurz, daß wir es vermögen, ihnen schon jetzt diese speciellen Bedingungen näher anzugeben; denn diese sind

keine anderen, als die Wirkungen des oben statuirten Lebensprincips. Wenn sie dieses läugnen, so mögen sie die positiven Gründe, welche wir im ersten Theile gegen jede rein stoffliche Ursache des Lebens vorgebracht haben, erst widerlegen oder wenigstens von ihrer Seite einen durchschlagenden positiven Grund für die absolute Nothwendigkeit einer stofflichen Ursache mittheilen. Vorher verdient ihre Behauptung eigentlich kaum Beachtung.

In letzter Zeit ist gegen die Annahme nicht bloß eines Lebensprincipes, sondern auch eines jeden außerstofflichen Agens im ganzen Reiche der sichtbaren Natur von vielen Seiten her ein sonderbarer Einwand gemacht worden, dem wir an letzter Stelle noch unsere Aufmerksamkeit zuwenden müssen. Er wird hergeleitet aus dem „Gesetz von der Erhaltung der Kraft", mit dem bekanntlich die moderne Forschung die ganze alte Wissenschaft aus den Angeln zu heben sich bemüht, das man den „Schlüssel der heutigen wissenschaftlichen Naturauffassung" und die „Grundlage des wissenschaftlichen Naturerkennens" genannt hat. Stünde somit unser Lebensprincip mit diesem gewaltigen Gesetze in Widerspruch, so würde das immerhin eine beachtenswerthe Schwierigkeit sein, ja vor der modernen Wissenschaft würde es hierdurch ipso facto als verurtheilt gelten. Kein Wunder also, wenn von den Materialisten dieser Widerspruch in allen Tonarten besungen wird. Der als tüchtiger Astronom und als rabiater Feind alles positiven Christenthums wohlbekannte Amerikaner J. W. Draper war der Ersten einer, die das Lied anstimmten. In seinem famosen, in alle modernen Sprachen übersetzten Machwerke: „Geschichte der Conflicte zwischen Religion und Wissenschaft"[1], hat er schon vor acht Jahren die Unmöglichkeit eines außermateriellen Agens in der Körperwelt aus dem Gesetz von der Erhaltung der Kraft oder Energie abzuleiten gesucht. Lebenskräfte — meint er — die als active Principien in das Getriebe der Stoffwelt eingreifen, die plötzlich in der Welt auftreten und beim Sterben der Organismen wieder spurlos verschwinden könnten, müßten die Energie in der Welt bald vermehren, bald vermindern, oder überhaupt fortwährend ändern. Nun ist es aber oberster Grundsatz der modernen Wissenschaft, daß, wie der Stoff, so auch die Energie in der Welt constant bleibe; also ist ein außermaterielles Lebensprincip unmöglich. Seither

[1] Es wurde als 13. Band in die „Internationale wissenschaftl. Bibliothek", Leipzig (1875) aufgenommen.

haben auch Andere, so Fick und Helmholtz, diesen Sturmbock kräftig spielen lassen, und allerjüngst dirigirte ihn du Bois-Reymond gegen die Willensfreiheit. Genauer zugesehen, steckt jedoch hinter dem ganzen Sturmlauf nur wieder eine Verwirrung der Begriffe und eine Unkenntniß der elementarsten Auffassungen des angerufenen Gesetzes einerseits, und andererseits des Lebensprincipes, wie man sie bei solchen Autoritäten nicht erwarten sollte.

Was besagt denn das Gesetz der Erhaltung der Energie? Nicht mehr und nicht weniger als dieses: „Bei allen Änderungen *innerhalb der gegebenen Stoffwelt* und *durch die Stoffe* wird der Vorrath an übertragbarer Energie nicht geändert.“ Ein ganz unschuldiges Gesetz, das mit anderen als *rein materiellen* Kräften gar nichts zu thun hat. Welches ist nun aber sein objectiver Werth? Als allgemein und absolut gillig für das Stoffreich läßt es sich nur *a priori* ableiten, nämlich aus der dem Stoffe wesentlichen Eigenschaft der Trägheit, vermöge deren der Stoff weder eine Bewegung sich geben, noch die in ihm vorhandene actuelle oder potentielle ändern kann. Experimentell hat man dieses Gesetz annähernd nur für einige wenige Fälle bestätigt, und zwar nur für *rein stoffliche* Vorgänge. Was nun den aprioristischen Beweis betrifft, so läßt sich aus ihm nur insofern eine Unveränderlichkeit der gesammten mundanen Energie folgern, als außermundane und außermaterielle Kräfte nicht in's Spiel kommen, über welche das Gesetz — weil nur auf dem anorganischen Stoffe fußend — nichts aussagen kann. Lächerlich wäre es also, aus dem Gesetze eine *absolute* Unveränderlichkeit des materiellen Energiequantums in der Welt beweisen zu wollen. Einmal könnte das bestehende Energiequantum durch den Urheber aller materiellen Energie, durch den „Primus motor“, beliebig vermehrt oder verringert werden. Wenn sodann in der Welt noch außermaterielle Kräftequellen, wie etwa das Lebensprincip oder jede einen materiellen Leib belebende Seele, existiren, die auf die Materie bewegend einzuwirken vermögen, so können auch diese die vorhandene Energie verändern, ohne daß dadurch das Gesetz von der Constanz der Energie berührt würde. Denn dieses aus der Inertie der Materie hergeleitete Gesetz verlangt ja nur, daß die materielle Energie *durch die Materie* bei ihren Zustandsänderungen nicht erhöht oder herabgedrückt werde. Ob nun aber in den lebenden Wesen die Energie durch den Einfluß des Lebensprincipes auf die Materie im negativen oder positiven Sinne factisch abgeändert werde, darüber kann das aprioristisch aufgestellte

Gesetz nicht, weder pro noch contra, entscheiden; wohl aber könnte das Experiment vielleicht einmal darüber Aufschluß geben. Besehen wir uns deßhalb jetzt die experimentelle Seite des Gesetzes von der Constanz der Energie. Das bis jetzt vorliegende Beobachtungsmaterial bezieht sich entweder auf rein materielle Processe — und trägt insofern wesentlich dazu bei, das Gesetz positiv zu stützen, kann uns aber bei Beurtheilung unserer Frage nichts nützen, weil es dieselbe nicht berührt; — oder es bezieht sich auf stoffliche Änderungen in lebendigen Wesen und ist in diesem Falle bis zur Stunde so mangelhaft geblieben, daß es aus diesem Grunde wieder keinen Schluß auf die factische Constanz der Energie in den lebenden Wesen erlaubt. Fick gesteht selbst, daß die große Differenz von 696 Wärmeeinheiten zwischen der berechneten und beobachteten Wärmeproduction bei einem erwachsenen Manne innerhalb 24 Stunden von den zahlreichen Beobachtungs-Fehlerquellen herkomme. Die ersten und einzigen directen Versuche, die nach dieser Richtung hin angestellt worden sind und größeres Vertrauen verdienen, datiren aus der jüngsten Zeit. Danilewsky experimentirte nämlich in sehr ingeniöser Weise an „lebenden" Froschmuskeln, d. h. an Muskeln des Oberschenkels, die mit einem Stücke des Beckens und des Unterschenkelknochens herauspräparirt und durch Einhängen in eine feucht-warme Kammer reiz- und actionsfähig erhalten wurden. Die Übereinstimmung seiner Beobachtungsresultate mit den theoretischen Berechnungen ließ indessen ebenfalls Vieles zu wünschen übrig [1]. Also auch die dermaligen Forschungsresultate bieten keinen Anhaltspunkt zur Diskussion der Frage über den Einfluß der Lebenskraft auf die Energieschwankungen in den lebenden Wesen, noch viel weniger also eine Handhabe zum Angriff auf die Lebenskraft. Aber die Forschungsresultate der Zukunft? Sollten sie jemals der Lebenskraft gefährlich werden können? Auch nicht. Die exacte Prüfung der Energieverhältnisse, auf die wir freilich noch lange werden zu warten haben, müssen nothwendig Eines von Zweien ergeben. Entweder constatiren sie eine Vermehrung oder Verminderung der Energie, welche den Substanzen im Thier- und Pflanzenleibe als solchen zukommt; dann liefern sie ein positives Beweismoment für die Existenz eines besonderen nicht stofflichen Kraftprincipes. Oder aber sie lehren, daß die totale Energie in jedem lebendigen Organismus gleich sei derjenigen, welche ihm auf Grund der rein stofflichen Änderungen eigen ist, und dann beweisen sie weder etwas gegen die Existenz des

[1] A. Fick, Muskelthätigkeit. 1882, S. 174 ff.

Lebensprincipes, noch auch gegen die positive Einwirkung desselben auf die belebte Materie. Zeigen wir dieses näher [1].

Erstens ist wohl im Auge zu behalten, daß die dem Lebensprincip eigene innere Energie, weil ganz anderer Art als die stoffliche, nie unter das Experiment fallen kann. — Zweitens stimmt die Wirkung der Lebensenergie nach Außen auf die belebte Materie, inwiefern sie nur in Bezug auf die in der Materie hervorgebrachte Veränderung betrachtet wird, mit den stofflichen Bewegungsenergien allerdings überein, da durch sie ebenso, wie durch andere physikalische und chemische Energien, die Lage und die Bewegung der Stofftheilchen in einer bestimmten, an und für sich auch meßbaren Weise geändert wird. Nichtsdestoweniger kann jedoch auch diese äußere Wirkung der Lebensenergie derart sich vollziehen, daß sie einer wirklichen experimentellen Messung für immer entrückt ist. Denn auf mehrere Weisen können besagte Änderungen von der Lebenskraft bewerkstelligt werden, ohne daß ein für das Experiment wahrnehmbares plus oder minus der Energie herauskäme, d. h. ohne daß die totalen Anfangs- und Endsummen der Energie, welche allein durch das Experiment gemessen werden, alterirt würden. Es bedarf, um dieses zu begreifen, nicht der hochmathematischen Entwicklungen eines Herrn Boussinesq und Saint-Venant [2]; es genügt, auf ein ganz einfaches Beispiel zu verweisen. Wenn der Bauer den wilden Bergbach staut und dessen Wasser durch Canäle von ihrem Bette ableitet, um sie — Leben und Fruchtbarkeit spendend — auf seinen Wiesen und Äckern zu vertheilen, so vermehrt oder vermindert er die Energie der fließenden Wasserkraft nicht im mindesten. Was nun hier der Bauer durch

[1] Nach unseren bisherigen Erörterungen dürfte es kaum nöthig sein, noch besonders zu erklären, daß wir in Obigem nicht im mindesten die Anwendbarkeit der physikalisch-mechanischen Principien über die Energieänderungen auf alle chemischen, physikalischen und mechanischen Vorgänge im lebendigen Organismus beanstanden. Insoweit als die Erscheinungen im Organismus auf diese drei Arten von Processen sich beziehen, verläuft selbstverständlich Alles genau nach den allgemeinen Energiegesetzen der Physik. Es handelt sich hier einzig und allein nur darum, ob außerdem auch das Lebensprincip so auf die Materie einwirke, daß die durch sie in der Materie hervorgebrachte Wirkung einer Vermehrung oder Verminderung der im Stoffe vorher schon vorhandenen Bewegungs-Energie gleichgesetzt werden könne.

[2] Vgl. hierüber auch die guten Bemerkungen Prof. C. Gutberlets in „Natur und Offenbarung". 28. Jahrg. 1882, S. 332 u. 398; und in „Les confins de la science et de la philosophie, par J. Carbonelle S. J. 2e édition, 1881. Tom. 2. p. 57.

materielle Mittel und Gegenkräfte erreicht, kann das Lebensprincip unmittelbar durch seine eigene Energie bewirken, die zwar einer höheren Ordnung angehört, aber darum nicht der Fähigkeit entbehrt, auf die Materie direct hemmend oder beschleunigend einzuwirken. Ferner könnte das durch die Lebenskraft bewirkte und auf die Materie übertragene plus oder minus der Energie den hierbei in Betracht kommenden Energiemengen gegenüber so verschwindend klein sein, daß die Experimente wegen der nie zu erreichenden absoluten Genauigkeit es nicht mehr zu entdecken vermöchten. Wir mögen also die Sache von einer Seite betrachten, von der wir nur wollen, wir kommen immer und überall zu demselben Schluß: aus dem Gesetz über die Erhaltung der Kraft oder Energie läßt sich gegen das Lebensprincip nichts folgern, weder nach dem jetzigen Stande der exacten Forschung, noch auch jemals in der Zukunft.

Nachdem von den Gegnern die mechanische Seite der Lebensthätigkeit in den Vordergrund gedrängt worden, wollen wir ihnen auch gerade von dieser Seite aus experimentell beweisen, daß die belebende Seele im Organismus positiv und direct auf die Materie einwirkt und demnach insofern — dem Gesetze von der Energieconstanz zum Trotze — eine materielle Kraft entfaltet, die sie nicht aus der allgemeinen Vorrathskammer des anorganischen Stoffes geschöpft hat. Unsere eigene tagtägliche Wahrnehmung überzeugt uns unwiderlegbar davon, daß eben jenes Etwas, welches in uns denkt und sich nicht allein als denkend erkennt, sondern auch sich mit dem Leibe zu Einem Individuum verwachsen fühlt, ohne jeden materiellen Anstoß von Außen her auf den belebten Körper, nur durch reinste, unabhängigste Selbstdetermination des Willens, die materiellen Bewegungsorgane des Leibes zu den verschiedenartigsten mechanischen Leistungen ganz nach Belieben anregen kann. Diese Anregung setzt nun aber nothwendig einen positiven Anstoß und damit eine Kraftwirkung auf den Bewegungsmechanismus voraus. Denn, mag man immerhin die ganze Energie, welche der Muskel und die ihn reizenden Nerven bei ihrer Action in Umlauf bringen, von dem Energievorrathe ihrer eigenen Substanz, von ihren eigenen Spannkräften ableiten; mag man ferner die Spannkräfte des Bewegungsapparates in einem noch so labilen Gleichgewichte, und deßhalb die Kraft, die zur Störung des Gleichgewichtes erforderlich ist, noch so gering sich denken, so benöthigt man doch zur Einleitung der Bewegung unter allen Umständen eines Kraftanstoßes, der wohl unbestimmbar klein, aber nicht gleich Null sein kann. Damit hätten wir also einen Kraftanstoß auf den materiellen Bewegungsapparat,

der von dem sich selbst bestimmenden Etwas ausgeht, das in uns denkt; von einem Etwas, das eben darum, weil es aus sich selbst zur Action bald so, bald anders sich determinirt, nicht Materie sein kann, sondern zu der wesentlich trägen Materie in hellstem Gegensatze sich befindet. Von einer anderen Seite her wissen wir übrigens ebenfalls mit vollster Gewißheit, daß dieses zur Bewegung anregende Agens auch deßhalb, weil es denkt und will, weil es fühlt und empfindet, nie und nimmer mit der Materie des belebten Leibes identificirt werden darf und selbst keine Materie sein könne. Unabweisbar steht darum fest, daß in unserem Organismus eine Kraft, ähnlich wie sonst stoffliche Kräfte, auf die Materie einwirkt, daß dieselbe aber außermateriell ist und dem Gesetz von der Erhaltung der Kraft nicht unterliegt. Die mechanische Discussion der Lebenserscheinungen ist also so weit entfernt, das Lebensprincip in Frage zu stellen, daß sie uns vielmehr mit Nothwendigkeit auf eine außermaterielle Seele und auf eine factische Seelenarbeit im belebten, materiellen Organismus führt und damit wieder ein mächtiges Veto erhebt gegen die ungebührliche Ausdehnung des Principes von der Erhaltung der Energie auf die Lebewesen.

Obige Besprechung hat uns wieder auf die Grundfrage, um die sich bei der Erklärung des Lebens Alles dreht, hinabgeführt, nämlich auf die Frage über die unmittelbaren Berührungspunkte zwischen dem Lebensprincip und der belebten Materie, zwischen der reinen Stoffthätigkeit und den specifischen Lebensäußerungen. Zu noch weiterer Klarstellung dieser Frage wollen wir ihren Faden da wieder aufnehmen, wo wir ihn am Ende des voriges Abschnittes, S. 140, abgebrochen haben. Bevor wir das dunkle Gebiet betreten, wird es nicht unnütz sein, den Leser schon im Voraus freundlich darum zu bitten, das Nachfolgende mit Achtsamkeit und festem Willen des Aufmerkens zu lesen. In ihm liegt der Angelpunkt der Frage. Je mehr er sich im tiefsten Lebensschooß verbirgt, um so mehr möge die Anstrengung unseres geistigen Auges den Abgang der objectiven Beleuchtung ersetzen. — In diesem Abschnitt haben wir erkannt, wie die Gegner des Lebensprincipes mit entschiedenem Mißerfolg an einzelne physikalische Erscheinungen sich angeklammert haben, um von ihnen aus das Leben physikalisch zu erklären. Es ist allerdings richtig, daß die concreten Wärme-, Elektricitäts- und mechanischen Vorgänge ebenso, wie die chemischen Processe im lebendigen Organismus, bei all ihrer Verschiedenheit auf der einen Seite, doch wieder auf der anderen Seite in vielen Stücken die größte Übereinstimmung mit analogen Er-

scheinungen am unbelebten Stoffe hervortreten lassen. Ja wir werden nicht umhin können, viele der physikalischen Processe gerade wie der chemischen (S. 138 ff.) der unmittelbaren Thätigkeit der Materie auf die Rechnung zu setzen. Wir können ja mit dem isolirten, vom lebendigen Thiere abgetrennten Muskel oder Nerven, in welchem doch eine Belebung durch das Lebensprincip nicht mehr angenommen werden kann, durch Berührung mit chemischen Substanzen, durch mechanische Pression oder durch elektrischen Reiz viele jener Processe hervorrufen, welche diese Organe auch im lebendigen Organimus ausführen. Es liegt also schon in der Disposition, welche die Materie im Organismus unter dem Einflusse des Lebensprincipes erhalten hat und welche sie auch nach dem Entschwinden einige Zeit noch beibehält, die Befähigung zur Ausführung vieler — ja vielleicht aller — Processe von physikalischem und mechanischem Charakter, welche im lebendigen Organismus sich vollziehen. Insofern ist also auch das Organ und der ganze Organismus ein wirklicher Mechanismus und viele, oder vielleicht auch alle diese Processe beruhen, soweit man sie einzeln für sich und nur ihrem physikalischen Werthe nach betrachtet, auf der gewöhnlichen Stoffthätigkeit. Wenn man sie aber ihrer ganzen concreten Erscheinung nach in's Auge faßt, so wie sie im lebendigen Organismus factisch zu Stande kommen und ausgeführt werden, zumal wenn man sie in ihrem Zusammenhange mit den anderen Lebensprocessen in Erwägung zieht, dann stellen sie sich in erster Linie als ein Werk des Lebensprincipes dar, in welchem die rein physikalische Seite nur eine untergeordnete Rolle spielt. Die eigenthümliche Disposition selbst wieder, wodurch die organisirte Materie an und für sich schon zu besagten Processen qualificirt wird und die ja das eigentliche Werk und Merkmal der plastischen Organisation ist, beruht, wie oben gezeigt wurde, auf einer eigenthümlichen Umbildung der Materie, welche nie und nimmer aus der Materie selbst erwachsen kann, sondern nur unter dem Einfluß des Lebensprincipes auf die Materie entsteht und unter ihrem Einflusse bleibt und wirkt, so lange der Organismus lebt. — Indessen, auch bei dieser Umbildung der Materie, beim Aufbau des Organismus, sowie bei seinem Aus- und Umbau, wirken, wie im vorigen Abschnitte gezeigt worden, die gewöhnlichen Stoffkräfte und selbst auch die Atome und Molekeln wiederum mit. Also allüberall, bis hinab in die letzten Fundamente des vegetativen und sinnlichen Lebens, spielt die Stoffthätigkeit thatsächlich mit, und die eigentliche Schwierigkeit, das Leben richtig zu deuten, liegt viel weniger darin, die Existenz eines besonderen

Lebensprincipes herauszufinden — obwohl dieses den Materialisten gegenüber die Hauptsache und einzige Streitfrage ist —, sondern darin, die Grenzen zwischen gemeiner Stoffthätigkeit und der specifischen Lebensthätigkeit richtig zu ziehen oder die Beziehungen zwischen Materie und Lebensprincip im Sein und Handeln überall richtig herauszufinden. Machen wir zu guter Letzt noch einmal den Versuch, in diesen tiefsten und dunkelsten Lebensschacht so weit als möglich hinabzudringen, um zu sehen, wie viel wir in ihm noch zu unserer eigenen Belehrung zu erkennen vermögen.

Was an erster Stelle klarer gelegt werden muß, ist die Existenzweise der Materie, welche in den Organismus aufgenommen worden ist und mit dem Lebensprincip so sehr zur individuellen Einheit des einen lebendigen Wesens sich verschmolzen hat, daß alle Thätigkeiten desselben nur von einem substanziellen Ganzen, von einem ungetheilten Thätigen ausgehen und daß alle Lebenserscheinungen nur der einen neuen, aus der Vereinigung beider Factoren hervorgegangenen Substanz beigelegt werden können. Eine derartige tiefgreifende Vereinigung, und nicht bloß eine noch so innige Verbindung zweier Wesen, wovon das eine dem anderen zwar in Allem total untergeordnet wäre, jedes aber selbstthätig handelte, verlangt eine vorurtheilsfreie Prüfung der Einheit im Menschen und im empfindenden Thiere. Eine solche Verschmelzung wird aber auch für das pflanzliche Individuum postulirt, einerseits im Hinblick auf die Einheit aller seiner Actionen bezüglich ihres Zieles und ihrer Ausführung, andererseits aber auch wegen der vollkommenen Analogie des pflanzlichen Lebens mit dem vegetativen Leben im Thiere und im Menschen. Für diese aber ist eine Wesensverschmelzung zwischen Materie und Lebensprincip auch im vegetativ thätigen Organismus aus den Beziehungen des vegetativen Lebens zum Sinnen- und Geistesleben mit Sicherheit nachweisbar. Diese Wesensverschmelzung ist aber nichts anderes, als jene informatio substantialis, welche die scholastischen Philosophen von jeher zur Erklärung der Lebewesen für nöthig hielten.

Sind auch, wie der Leser aus unseren obigen Angaben vielerorts abnehmen konnte, die letzten Elemente der stofflichen Vorgänge im lebendigen Organismus, heiße er Thier oder Pflanze, nichts weniger als aufgehellt, so scheinen doch manche einzelne Erscheinungen ziemlich bestimmt darauf hinzudeuten, daß die specifische Atomthätigkeit in dem belebten Organe fortbesteht. Soviel mir bekannt, hat man zwar an Pflanzentheilen, die im organisirten und lebenden Zustande sich befanden und erhielten, unter dem Mikroskop noch nie solche chemische Eingriffe aus-

geführt, die einen näheren Einblick in den Atombestand der veränderten Theile gestatten. Dagegen hat man die Einwirkung der Gifte, die chemisch auf die organisirten, lebendigen Thiergewebe wirken, genauer untersuchen können. Wenn Arsensäure einem Thiere innerlich eingegeben wird, so bewirkt dieselbe, je nach ihrer Quantität, einen mehr oder weniger umfangreichen Zerfall der Eiweißgewebe, mit denen sie in Berührung kommt, indem aus der Säure Sauerstoff auf die Eiweißmolekeln übergeht und so eine Oxydation und Spaltung der letzteren unter Bildung von Leucin und Tyrosin bewirkt wird. Dieselbe Zersetzung kann man aber mit den Eiweißsubstanzen, so lange sie noch frisch und unzersetzt sind, auch außer dem Organismus mit Arsensäure hervorrufen, und ebenso auch durch andere Oxydationsmittel. Da nun diese Oxydation innerhalb wie außerhalb des Organismus in gleicher Weise verläuft, außerhalb aber als eine Einwirkung der Atome der Arsensäure auf diejenigen des Eiweißes aufgefaßt werden muß, so legt dieses gewiß sehr nahe, auch in dem lebendigen, organisirten Eiweiß Atome vorauszusetzen. Etwas Ähnliches ist zu sagen von der Einwirkung des Chlors auf die belebten Organgewebe, welche es genau nach Maßgabe seiner Quantität mehr oder weniger zerfrißt und so lebensunfähig macht. Das Zerfressen beruht aber nur darin, daß jedes einzelne Chloratom ein Wasserstoffatom aus der Gewebesubstanz herausholt, oder aber bei vorhergehender Wasserzersetzung Sauerstoff auf die Eiweißmolekeln überträgt. Die gefährliche Wirkung des Quecksilberchlorids oder „Ätzsublimates", eines der stärksten Gifte nicht bloß für die Warmblüter, sondern für alle Thierklassen und selbst für die Pflanzen, kommt daher, daß es sich mit den einzelnen Molekeln des Eiweißes zu einer complexeren Substanz verbindet. Dieses thut es aber nicht bloß mit dem sogenannten Nahrungseiweiß, das noch unorganisirt frei im Organismus schwimmt, sondern ebenso mit dem Eiweiß, welches bereits in die lebendigen Gewebe aufgenommen ist, und veranlaßt eben hierdurch jene „Anätzung" der lebendigen Gewebe, von der es den Namen „Ätzsublimat" erhielt. Wenn nun in diesem letzteren Falle die Sublimat-Molekeln auf eben so viele Molekeln Eiweiß des lebendigen Gewebes einwirken, um mit ihnen sich chemisch zu verbinden, so sollte man — scheint es — doch glauben, daß diese Molekeln in den Geweben auch schon vor dem vollzogenen Verbindungsacte vorhanden sein müßten, um durch ihre Existenz und ihre Qualitäten die Einwirkung des Sublimates veranlassen zu können. Von vielen anderen Giftwirkungen auf die lebendigen Organe wäre dasselbe zu sagen.

Sehen wir weiter auf die Änderungen hin, welche die lebendige Substanz während und durch den Lebensproceß ihrem Stoffe nach erfährt, so finden wir, daß diese Veränderungen oft ebenso verlaufen, wie es die aus der lebendigen Substanz abscheidbaren chemischen Bestandtheile ihrer Natur nach verlangen und ebenso, wie es nach den gewöhnlichen, für die Atome giltigen Gesetzen zu erwarten steht. Diese Veränderungen stimmen dann auch wieder überein mit denjenigen, welche die Organe und Gewebetheile, nachdem sie vom Organismus abgetrennt und dem Einflusse des Lebensprincipes entzogen worden sind, spontan oder auf künstliche Anregung hin erleiden, welche also nur auf Rechnung der chemischen Atomthätigkeit zu setzen sind. Überhaupt, wo immer noch die experimentale Untersuchung tief genug eindringen konnte, zeigte sich die physiologische Bedeutung irgend eines Theiles im Organismus bedingt und abhängig von der durch die chemische Analyse in ihm nachgewiesenen atomistischen Zusammensetzung. Alle diese Umstände lassen sich am einfachsten und besten verstehen und erklären bei der Annahme, daß die Atome im lebendigen Organismus verharren.

Wieder einen anderen Anhaltspunkt zur Beurtheilung unserer Frage bieten uns die Energieverhältnisse im lebendigen Leibe. Nach unseren dermaligen Kenntnissen über diesen Gegenstand kann man wohl daran nicht mehr zweifeln, daß die Energie, welche der lebendige Organismus bei seinen Wärmevorgängen und Bewegungsphänomenen in Umsatz bringt, wenn nicht total, so doch bis auf einen wahrscheinlich verschwindenden Bruchtheil (S. 176) nichts Anderes ist, als die potentielle Energie, welche beim Assimilationsproceß im Stoffe aufgespeichert (S. 32) und in letzter Instanz aus den Sonnenstrahlen entnommen wird. Wie können wir uns aber nun diese reale, concrete Bewegungskraft in dem lebendigen Organismus anders hinterlegt denken, als in den chemischen und physikalischen Spannungszuständen, die wirkliche Atome und Molekeln als Träger supponiren? Denn, mögen immerhin manche Auffassungen der mechanischen Wärmetheorie noch sehr hypothetisch sein, so können wir doch nach den bis jetzt gemachten Erfahrungen diese Spannung, welche die Quelle für übertragbare Stoffbewegung sein soll, in nichts Anderes verlegen, als in eine ebensolche Zwangslage der kleinsten Stofftheilchen, wie man sie auch für die Spannungszustände des anorganischen Stoffes annimmt. Nur bei solcher Auffassung wird es auch begreiflich, weßhalb die in der Nahrung aufgenommenen Stoffe auf chemischem Wege langsam zu immer höhern und complicirteren Verbindungen hinaufgeführt werden,

um am Ende unmittelbar „plastisches" Material darzustellen, d. h. Molekeln, die ihrer chemischen Natur und ihrem Energiezustande nach sich dazu eignen, dem lebendigen Leibe eingefügt zu werden und dessen Verrichtungen zu unterstützen. Nur so wird es ferner verständlich, weßhalb mit der Bewegung der belebten Substanz ein aliquoter Theil derselben zerfällt, d. h. in andere, nicht mehr lebendige Verbindungen übergeht, die ihrer Atomconstitution nach einfacher und energieärmer sind. Genau in dieselben einfacheren Verbindungen kann man die in den belebten Organen vorkommenden Substanzen, z. B. das Eiweiß, ja auch außer dem Organismus unter entsprechender Energieentwicklung überführen. Würde bei der Belebung der plastischen Molekel, die dem Nahrungsmateriale entnommen wurde, nicht auch deren Atomconstitution in den Organismus mit hineingenommen, sondern nur die in allen Substanzen gleiche Grundmaterie (materia prima), so machte sich der Organismus einerseits bei seiner mühevollen Assimilationsthätigkeit viele unnöthige Arbeit und verausgabte andererseits nicht die von Außen bezogene Energie, weil sie mit der concreten Atomconstitution unbegreiflicher Weise verloren gegangen wäre, sondern setzte statt derselben eine äquivalente Energiemenge ein, welche das Lebensprincip aus sich selbst entwickeln müßte.

Wenn wir endlich mit Strasburger die Natur der Quellungsfähigkeit in die molekulare Netzstructur des Stoffes verlegen (S. 77), so können wir der Atome gar nicht entrathen. Im Hinblick auf diese und ähnliche Verhältnisse wird man es gewiß auch selbst einem Philosophen nicht verargen können, wenn er bei der Erklärung des belebten Leibes die Atome mit hereinzieht.

Nachdem wir so nach der einen Seite hin unsere Grenze genauer fixirt haben, indem wir uns im Hinblicke auf die chemisch-physikalischen Vorgänge im Organismus für die Annahme von wirklichen Atomen und Molekeln in demselben so lange entscheiden, als deren Unmöglichkeit von irgend einer Seite her nicht bewiesen worden ist, so tritt jetzt die schwierigere Aufgabe an uns heran, die Veränderung in den Atomen und Molekeln zu bezeichnen, die sie doch nothwendig durch den belebenden Einfluß des Lebensprincipes erfahren müssen, damit sie aufhören, als selbständige Substanzen fortzuwirken. Denn dieses ist, wie wir es oben ausgesprochen haben und wie es von allen Scholastikern angenommen wird, zur factischen Einheit des Lebewesens nothwendig. Der Stoff, welcher durch die Organisation in die Einheit der lebendigen

Substanz aufgenommen worden ist, wirkt ja auch offenbar in ganz anderer Weise zum Leben mit, als jene Substanzen innerhalb des Organismus, welche nur indirect und unter Wahrung ihrer vollen — freilich vom Ganzen äußerlich ebenfalls abhängigen — Selbständigkeit und Selbstthätigkeit zum Leben mitwirken, wie z. B. das Kochsalz, das Wasser in der Blut- und Lymphflüssigkeit. Oben haben wir auch verschiedene Thatsachen verzeichnet, die beweisen, daß die Atom- und Molekelthätigkeit im lebendigen Organismus andere Wege geht als dort, wo Atome und Molekeln sich selbst überlassen bleiben, und wir haben daraus im Allgemeinen auf die Existenz des Lebensprincipes geschlossen (S. 112)[1]. Sie beweisen aber auch eine Änderung in dem Wirken und Schaffen der Atome selbst. Die aus den Atomen herauskommende Thätigkeit zielt ja thatsächlich auf ein Endresultat ab, auf welches das Atom aus sich nicht hinwirken kann, und richtet sein Thun und Handeln dem entsprechend so ein, daß dasselbe — wenn adäquat genommen — nie und nimmer dem gewöhnlichen Atome zugeschrieben werden kann, obwohl es doch vom Atome ausgeht. In der aus dem Atome herauskommenden chemischen Activität zeigt sich

[1] Wenn man heute in physiologisch-chemischen Schriften der Behauptung begegnet, daß der lebendige Stoff als solcher auch chemisch verschieden sei von dem nicht-belebten, so hüte man sich, darin eine Bestätigung für unsern obigen Schluß zu erblicken. Mit dieser Behauptung wollen sie keineswegs aussprechen, daß der lebendige Stoff eine chemische Zusammensetzung besitze, welche nicht nach chemischen Gesetzen wäre, die für den anorganischen Stoff gelten. Nein, im Gegentheil verstehen sie den chemischen Unterschied im Sinne Löws und Bokorny's (S. 127). Nach diesen bestünden die belebten Stoffe aus Atom-Molekeln, welche auf Grund rein chemischer Action nach den gemeingiltigen Gesetzen entstehen, aber insofern charakteristisch für den lebendigen Stoff sind, als sie nur in ihm vorkommen. Deßhalb verlegen sie denn auch die Ursache des Lebens in diese rein chemische Erscheinung. Außer Löw und Bokorny hat auch Prof. Pflüger eine solche chemische Verschiedenheit vertheidigt. Er verlegte sie darein, daß im lebendigen Eiweiß die Stickstoffatome in Form von Cyangruppen (CN) enthalten seien, dagegen im todten Eiweiß in Form von Amidgruppen (NH_2). Auch Herr Schulz hat aus seinen Untersuchungen über die Wirkung der Arsensäure und arsenigen Säure auf den Organismus geschlossen, das lebendige Protoplasma sei chemisch verschieden vom todten, ohne den Grund der Verschiedenheit specieller zu determiniren. Weit entfernt also, eine nicht atomistische und nicht rein chemische Thätigkeit im belebten Stoffe zu befürworten, suchen diese auf Grund der chemischen Verschiedenheit Alles im Lebendigen auf reine chemische Atomthätigkeit zu reduciren. Was nun das Letztere angeht, so haben wir diesen Irrthum oben schon genügend beleuchtet; was aber die Verschiedenheit selbst betrifft, so ist sie für unsere obige Discussion ohne allen Belang und zudem noch problematisch.

somit schon die Mitwirkung des Lebensprincipes, und es ist schon die chemische Thätigkeit des belebten Atomes insofern nicht mehr eine rein chemische, sondern eine durch das Lebensprincip geänderte, geadelte, auf eine höhere Stufe erhobene Thätigkeit. Trotzdem ist sie dennoch nur eine ungetheilte Thätigkeit des belebten Atomes. Im innersten Grunde des Atomes muß sich also etwas geändert haben, und es kann die neue chemische Thätigkeitsentfaltung nicht bloß als die eine Resultirende angesehen werden, entspringend aus zwei verschiedenen Thätigkeiten, welche aus zwei für sich bestehenden activen Substanzen ausgehen, mögen dieselben auch noch so innig verbunden gedacht werden. Mit noch mehr Klarheit erkennen wir diese Verschmelzung zwischen Stoff und Lebensprincip in uns selbst, indem wir ja den belebten Stoff unseres Körpers als unseren Stoff fühlen; in dem nur vegetativ belebten Stoffe muß aber, wie wir schon oben bemerkten, dieselbe Verbindung stattfinden. Wie ist aber dieses möglich? Wie können wir uns eine solche Verschmelzung zweier Substanzen zu einer einzigen neuen concret vorstellen? Steigen wir noch eine Stufe hinab.

Mehrjährige Prüfung der chemischen Atomtheorie einentheils und der philosophischen Lehren anderntheils, zeitigten in mir folgende Ansicht über die Verschmelzung des belebenden Princips und der Atome[1]. — Zunächst ist es meine feste Überzeugung, daß das Atom auch vom naturwissenschaftlichen Standpunkte aus nicht als der letzte stoffliche Bestandtheil der Körper angenommen werden darf, daß vielmehr alle Atome der Elementarstoffe aus verschieden großen Mengen gleichartiger Stofftheilchen bestehen, welche die Massen-Eigenschaften bedingen, d. h. jene Eigenschaften, welche den Körpern proportional zu ihrer Masse zukommen und ganz unabhängig sind von den specifischen Qualitäten, durch welche sich die chemischen Elemente, z. B. Chlor, Gold, Quecksilber, von einander unterscheiden[2]: So bedingen sie die allgemeinen

[1] Wenn ich mir erlaube, in Obigem meine persönliche Meinung über diesen Punkt mitzutheilen, so bin ich weit davon entfernt, dieselbe als die absolut richtige Erklärung hinstellen zu wollen; ich wünschte sie vielmehr nur als einen ersten, unvollkommenen Versuch betrachtet zu wissen, diese Frage einheitlich vom aprioristischen und empirischen Standpunkte aus zu lösen. Wenn ich sie hier auch nur in primis rudimentis vorlege, so dürfte sie doch schon zeigen, wie wenig die scholastische Körpererklärung der naturwissenschaftlichen Stofferklärung principiell entgegen sei.

[2] Ich habe diese Gedanken schon vor vielen Jahren öffentlich ausgesprochen und entwickelt. (Vgl. Verhandlungen des naturhistor. Vereins des preuß. Rheinl. und Westphalens 1867. Sitzungsber. S. 38 ff. „Natur und Offenbarung" 1869,

Attractionsphänomene und sind sie die eigentlichen Träger der kinetischen Energie, inwiefern bei dieser nur die Bewegungsquantität in's Auge gefaßt wird. Selbst continuirlich ausgedehnt, absolut träge und resistent, tragen sie diese Qualitäten auch in's Atom hinein.

Aus dieser gleichen, total undifferenzirten Grundmaterie können die höher individualisirten, factisch untheilbaren und je nach den Elementen eigenartigen Atome, auf welche die Chemie uns führt, nur dadurch entstehen, daß ein dem Lebensprincip analoges substantielles Princip die Urmaterie informirt, d. h. mit zu einer zusammengesetzten Substanz wird, in der die beiden Componenten so zu einer einheitlichen Thätigkeitsquelle zusammenfließen, daß nun alle Thätigkeit, die von den Atomen ausgeht, weder die Action der Urmaterie ist, noch die des informirenden oder atombildenden Principes, sondern einheitlich von beiden Componenten, zwar zugleich gesetzt wird, aber ihre ganze Bestimmung von dem atombildenden Princip allein erhält. Eine mechanische, auf irgendwelche Bewegungserscheinungen gegründete Vereinigung der gleichen Urstofftheilchen, zumal wenn sie noch allein vom Zufall abhängen soll, kann nie und nimmer jene constanten, gesetzmäßig constituirten und wirkenden, specifisch verschiedenen höheren Stoffeinheiten hervorbringen, wie solche die chemischen Atome sind[1]. Die specifische, constante, dem Atome als

S. 49 ff.) Seither habe ich keine Veranlassung gefunden, von dieser Auffassung wegen irgend eines ernsten Widerspruches mit den Erfahrungsdaten abzugehen. Ich ward im Gegentheil durch Vieles, was die Weiterentwicklung der theoretischen Chemie an's Licht brachte, in derselben bestärkt und sah, wie immer mehr Forscher auf verschiedenen Wegen zu derselben Annahme gelangten. Außer den Herren Moigno, Prof. Moret, A. Secchi, W. Thomson, die ebenfalls vor mehr als einem Decennium dasselbe behaupteten, sei noch auf die Herren Wurtz, Rühlmann, Schmitz, Wächter, Wittwer, Zängerle verwiesen. Alle sprechen sich für die weitere Zusammensetzung des Atomes aus einem überall gleichartigen Grundstoff aus; sie gehen aber auf die Art und Weise der Atombildung nicht weiter ein oder suchen dieselbe irriger Weise auf einen rein mechanischen Vorgang zurückzuführen. Das Letztere zu widerlegen oder auch nur auf die Begründung unserer Atom-Auffassung näher einzugehen, ist nicht Sache dieser Schrift. Wir hoffen, bei anderer Gelegenheit dieses Thema ex professo zu behandeln.

[1] Daraus erhellt auch, was von den Aussagen jener Chemiker zu halten ist, die, wie R. v. Richter, Wächter, L. Meyer, Wurtz, das ganze Ziel der theoretischen Stofferklärung darin erblicken, aus der Chemie „eine Mechanik der Atome" zu machen, d. h. nachzuweisen, daß alle Stoffphänomene nur das Resultat gleicher letzter Stofftheilchen und differenter Bewegungen derselben seien mit Ausschluß von allen anderen als rein mechanischen Bewegungskräften. G. A. Hirn hat in seinen „Réflexions critiques sur la théorie cinétique de l'Univers" (Colmar 1882) über die extravagante Idee bereits den Stab gebrochen. Wie aus unseren Erklä-

solchem eigene Thätigkeit supponirt nun weiter auch specifische, constante, innere Disposition im Atome, durch welche eben die nach Außen dringenden Phänomene ihr eigenthümliches Gepräge bekommen. Die Urstofftheilchen erhalten unter dem informirenden Einflusse des atombildenden Principes eine ganz bestimmte, bis zu einem gewissen Grade stabile Anordnung und damit eine neue Befähigung zur Ausführung von geordneten, systematischen Bewegungen (z. B. der elektrischen Bewegungen und der specifischen Lichtabsorptionen und Lichtemissionen). Mit Hilfe dieser Bewegungserscheinungen bewirkt dann das Atom jene lange Reihe anderer Phänomene, die wir chemische Reactionen nennen und die auf gesetzmäßige Verbindungen, Trennungen und Vertauschungen der Atome in den Stoffmolekeln abzielen. Weil nun einerseits die besagte innere Disposition der Urstofftheilchen durch das informirende Princip mit einer bestimmten Kraft festgehalten wird, andererseits aber die Urstofftheilchen von Außen her, z. B. durch Stoß, bewegt werden können, so kann diese Disposition bis zu einer gewissen Grenze zwar alterirt werden; es kehrt aber das Atom, sobald die äußeren Einwirkungen nachlassen, in seinen normalen Zustand immer wieder zurück. So kommt es, daß die Stoffe unter denselben äußeren Bedingungen immer dieselben physikalischen und chemischen Eigenschaften zeigen, unter verschiedenen aber verschiedene derart, daß die Änderung des Atomes ganz gesetzmäßig und mathematisch proportional mit der Änderung der äußeren Umstände sich vollzieht; daß die Stoffe bei allen Veränderungen, die sie betreffen, immer nach gewissen Gleichgewichtszuständen hinstreben. Die Elasticität der Atome und Molekeln aus unelastischen letzten Stofftheilchen erwachsen zu lassen, was den Chemikern und Physikern so viel Kopfzerbrechen schon bereitet hat, ist bei unserer Auffassung des Atomes eine sich von selbst ergebende Folgerung.

Werden nun die selbst dualistisch constituirten Atome dem lebendigen Organismus einverleibt, so bemächtigt sich das Lebensprincip als höheres Informationsprincip *direct* nur der Urmaterie der Atome, um, sie höher informirend, die Atome selbst in die Einheit des lebendigen Stoffes

---

rungen sich ergibt, sind bei allen chemischen Affinitätswirkungen und den sonstigen Stoffphänomenen allerdings auch rein mechanische Bewegungen und Veränderungen im Spiele, und sie zu bestimmen ist ganz gewiß eine Hauptaufgabe der theoretischen Chemie und Physik. Diese mechanischen Bewegungen und Änderungen sind aber nur ein untergeordneter Theil des ganzen Phänomens, und die chemische Affinität selbst ist keineswegs *nur* eine bestimmte Form *mechanischer* Energie.

aufzunehmen. Dazu wird ja nicht erfordert, daß das informirende Princip, welches dieselbe Urmaterie bisher zum Atome gemacht und erhoben hatte, verschwinde, weil erstens die Bestimmung, durch die es die Urmaterie zum Atome ausbildet, ganz und gar auf eine nach Außen gerichtete Thätigkeit abzielt, welche der Bestimmung, die der Urmaterie durch das Lebensprincip verliehen wird und die eine nach Innen gerichtete ist, so sehr nicht widerstreitet, daß sie vielmehr von ihr gefordert wird, und weil zweitens überhaupt kein Widerspruch darin liegt, daß zwei informirende Principe, wie immer, in einer und derselben körperlichen Substanz existiren[1]. Das freilich muß nothwendig angenommen werden, daß das atombildende Princip durch die Information der gemeinsamen Urmaterie so sehr der Bestimmung durch das Lebensprincip untergeordnet werde, daß es nicht bloß keine selbständige Action mit der gemeinsamen Materie mehr ausführen könne, sondern daß auch das Lebensprincip die durch das atombildende Princip gebotenen Dispositionen, Qualitäten und Kräfte so sehr sich aneigne und so weit ändernd auf sie einwirke, um mit denselben frei nach eigenem Plane jene höhere lebendige Stoffthätigkeit zu evolviren, welche, wie wir gesehen, die Atome weder einzeln noch in der Combination des Organismus aus sich allein zu bewirken vermögen. Daß nun auch dieser Unterordnung des atombildenden Principes unter das belebende durch unsere Auffassung vollständig genügt werde, glaube ich nach den gegebenen Andeutungen nicht weiter ausführen zu müssen.

Werden auf diese Weise der scholastischen Philosophie gegenüber alle Grundbegriffe, soweit dieß nöthig ist, aufrecht erhalten, so bietet die gegebene Erklärung auch der positiven Naturforschung den weitesten Spielraum zu freier Bewegung. Sie kann nicht nur ungehindert die stofflichen Erscheinungen in den lebendigen Organismen wie bisher in Beschlag nehmen, sondern sie auch auf ebendasselbe Substrat — auf Atome und Molekeln —, wie in der anorganischen Natur zurückführen und nach denselben Gesetzen erklären. So lange als sie sich mit ihren Behauptungen stricte an die unmittelbaren Ergebnisse ihrer exacten Experimente hält, werden diese Behauptungen nicht bloß mit der scholastischen Stofflehre

[1] Vgl. T. Pesch S. J. a. a. O. S. 257 ff. Hier wird (S. 265) mit Recht auch hervorgehoben, daß ein Bestehen zweier informirender Principe nicht mehr möglich ist, wenn beide Principe zu immanenter Thätigkeit informiren, daß also aus unserer Auffassung nicht für den Menschen gefolgert werden könne, in ihm könnten gleichzeitig drei Seelen, eine geistige, eine sensitive und eine vegetative, existiren. Dieses verbietet eben die Immanenz, die dem Begriffe nach mit der Information durch diese Seelen gegeben ist.

nicht in Collision gerathen, sondern ihr vielmehr dankenswerthes Material liefern, damit sie ihre allgemeinen aprioristischen Erklärungen in eine immer concretere Form und Fassung bringen kann. — Mit dieser Vereinbarung wollen wir denn auch diesen lang gewordenen Abschnitt beschließen, um im Folgenden nur ganz kurz noch mit den letzten beiden, mehr philosophisch angehauchten Klassen von Gegnern uns abzufinden.

Dritter Abschnitt.

Psychischer Materialismus.

Sonderbare Überschrift, eine wahre contradictio in adjecto! wird da der Leser denken. Und er hat auch Recht. Nichtsdestoweniger erachte ich obige Bezeichnung doch ganz zutreffend für die materialistischen Lebenserklärer, mit denen wir es jetzt zu thun haben werden. Wenn nämlich ihre Lehre einen flagranten Widerspruch offen an der Stirne trägt, warum soll es nicht auch das Wort, mit dem wir dieselbe tituliren? Psychischer Materialismus ist ja jene Ausgeburt wissenschaftlichen Aberwitzes, der die größten Gegensätze kühl und ohne alles Bedenken in Ein Ding zusammenwirft. Während andere Materialisten ihre Materie für das ausgeben, was sie nach dem gewöhnlichen Menschenverstande nur sein kann, d. i. für das Gegenstück des Geistes und jeder Seele oder Psyche, machen diese Gegner die Materie zum Geist und den Geist zur Materie, in der Hoffnung, durch dieses sonderbare Kunststück den Schwierigkeiten zu entrinnen, denen sie jene erliegen sehen, ohne dem Materialismus abschwören zu müssen. In der That fügen sie aber dem negativen Irrthum jener, der in der Verneinung alles dessen, was Geist oder Psyche ist, gipfelt, noch einen positiven neuen hinzu, der noch viel ungeheuerlicher ist und die phantastischen Zerrbilder der Alten von Centauren und dergleichen in abschreckendster Gestalt zur Wirklichkeit machen will.

Wir müssen zwei Arten psychischer Materialisten wohl unterscheiden. Beide haben das gemein, daß sie der gewöhnlichen Materie, also den Atomen und Molekeln, seelische Befähigung mit oder ohne Bewußtsein und Willen zuerkennen. Die Einen aber, wie Zöllner [1] und viel früher schon Leibnitz, nehmen in den Atomen auch wirkliche geistige Substanzen oder Seelen an und opfern so thatsächlich die Materie. Die Anderen, wie Preyer,

[1] Über die Natur der Kometen. 2. Aufl. 1872, S. 217 u. 226.

Häckel, Nägeli, Tyndall, Geiger, Noiré ꝛc.[1], wollen von der Existenz irgend welcher Seelen oder geistiger Substanzen nichts hören; wie sie im Menschen die Functionen des Denkens und Wollens, des sinnlichen Wahrnehmens und Begehrens nur als eine bestimmte Art gemeiner atomistisch-molekularer Thätigkeit ansehen, so lassen sie auch die Fähigkeit zu diesen Functionen der Materie ebenso, wie die Inertie und Ausdehnung, überall inhäriren, wo immer sie sich findet, im Affen oder Wurm, in der Rose wie im Stein. Kurz, beide lassen Alles nur aus Atomen und Molekeln bestehen und sind insofern Materialisten; beide lassen die Atome und Molekeln schon das höchste Leben leben, sei es nun in Form von „atomigen Seelchen" oder von „seelischen Atomklötzchen", und insofern sind sie psychische Materialisten und glauben mit Einem Schlage den gordischen Knoten des Lebensräthsels zerhauen und in einfachster Weise das Leben aus der Materie ableiten zu können. Es braucht fürwahr wenig Scharfsinn dazu, um herauszufinden, daß beide Erklärer durch diese Annahme von lebendigen Atomen das Leben nicht erklären. Und wiewohl sie vorgeben, zu ihrer Annahme vom festen Standpunkte der exacten Forschung aus sich gedrängt zu sehen, um gegen den speculativen Dogmatismus Front zu machen, haben sie doch keinen Boden unter den Füßen und schweben auf Nebelgebilden einer verirrten speculativen Phantasie. Sie können uns auch nicht vorwerfen, wir ständen mit unserem Lebensprincip in dieser Beziehung mit ihnen al pari. Wir beweisen dasselbe zunächst positiv auf Grund der unzweifelhaftesten Erfahrungen, die jeder Mensch an sich selbst macht, und unter Herbeiziehung metaphysischer Argumente unabweisbar für alle Jene, welche diese Art von Argumenten noch verstehen können. Wir zeigen dann, nachdem der Begriff eines Lebensprincipes außer Frage gestellt ist, wie die Daten der Naturforschung mit der Annahme eines Lebensprincipes in allen lebenden Wesen nicht bloß im schönsten Einklange stehen, sondern zu dieser Annahme nöthigen, sobald man die Lebensphänomene nicht einseitig, sondern allseitig in Erwägung zieht. Sie hingegen prätendiren, das Leben aus der dem Experimente direct zugänglichen Materie herauslesen zu können, und da sie trotz alles Probirens auch nicht eine Spur von Lebensbuchstaben entdecken können, helfen sie sich mit der eiteln Ausflucht: in den direct mit Augen sichtbaren Stoffaggregaten sieht man freilich das Leben noch nicht, also muß

[1] Preyer, Kosmos. Jahrg. 1877, S. 204; Nägeli, Über die Grenzen der Naturerkenntniß. Rede, gehalten zu München 1877; Noiré, Einleitung und Begründung einer monistischen Erkenntnißtheorie. 1877.

es in deren letzten, kleinsten Theilchen, in den Atomen liegen. Diese sind jedoch leider für alle dermaligen Brillen zu klein, um gesehen werden zu können. So lange sie ihre barocke Annahme, daß Atome fühlen und denken, begehren und wollen, nicht durch positive Daten stützen, so lange sie nicht zeigen, wie denn das „Gesammtleben" der Organismen eine Summe der einzelnen Atomleben sei, könnten wir sie ruhig und ungestört an ihren Atomseelen und Seelenatomen sich ergötzen lassen.

Indeß die Herren, die sonst alle Metaphysik perhorresciren, belieben, da die positive Forschung ihrer spottet, auf einmal an metaphysischen „Spitzfindigkeiten" Gefallen zu bekommen. Es ist wenigstens *denkbar*, sagen sie, daß die Atome eine Seele haben oder überhaupt denken und fühlen können. In diesem Falle ist es aber auch *denkbar*, daß alles Leben, wo immer im Stoffe es gefunden werden mag, aus *beseelten* Atomen von selbst sich entfalte, und ein außeratomiges Lebensprincip wäre dann für die Wissenschaft jedenfalls ein ganz unnöthiger Ballast. Obwohl auch diese Spitzfindigkeit an und für sich ganz gegenstandslos ist, so könnte sie dennoch für Manchen den Schein einer wirklichen Schwierigkeit bieten. Wir wollen deßhalb den Gegnern die Ehre anthun und direct darauf antworten.

Für's Erste kann es sich hier nur um *absolute* Denkbarkeit handeln; denn für unsere concreten Lebewesen einerseits, seien sie Pflanzen, Thiere oder Menschen, und für unsere wirklichen Atome hört nach dem, was wir im ersten Theile vorgebracht haben, diese Denkbarkeit auf. Was nun die absolute Denkbarkeit angeht, an der ja nicht viel gelegen sein kann, so ist selbst auch sie für uns rein undenkbar. — Entweder sind die gedachten Atome weiter zusammengesetzt, oder nicht. Im letzteren Falle wäre das Atom, das geistig dächte und fühlte, auch kein Schatten von Materie mehr; es wäre ein *reiner* Geist und wir hätten da eben in vollster Klarheit den Fall, daß Diejenigen, welche um jeden Preis das Geistige und Übermaterielle aus der Welt schaffen wollen, schließlich, ohne es zu wissen, Alles aus reinen Geistern ohne alle Materie bestehen lassen![1] Nun mögen sie uns aber sagen, wie aus reinen Geistern das entstehen könne, was der gewöhnliche Mensch für Materie ansieht und für materielle Phänomene erklärt, im Gegensatz zu den geistigen. Wohl hört man

[1] Ganz ähnlich argumentirt G. A. Hirn gegen die Physiker, die außer der Bewegung alle Kräfte läugnen, um schließlich bei Annahme unausgedehnter Atome Alles aus Kräften bestehen zu lassen. Réflexions critiques sur la théorie cinétique de l'Univers, p. 9.

manchmal, daß „Geister aufeinanderplatzten" und „Geistesfunken sprühten", doch weiß Jedermann, daß man dann Metaphern gebraucht. Nach unseren Lebenserklärern wäre Dieses und Ähnliches die reinste Wirklichkeit, die reinen Geister würden fortwährend hart aufeinander stoßen und drücken, einander bei Seite schieben und in Schwingungen versetzen! Der Funke des Feuersteins und der Elektrisirmaschine wäre ein wahrhaftiger Geistesfunken! Wenn ferner die geistigen Atome selbst unausgedehnt sind, wie machen sie dann zusammen etwas Ausgedehntes? Sind sie aber, trotz ihrer Einfachheit im Sein, ihrer Existenzweise nach im Raume ausgedehnt, sollen sie zudem stofflich träge und widerstandsfähig gegeneinander sein, so statuirt man damit jedenfalls etwas, das tausendmal unbegreiflicher als das Leben selbst und deßhalb wenig geeignet ist, letzteres begreiflich zu machen, das, wenn es ernsthaft genommen würde, in alle unsere Begriffe die heilloseste Confusion brächte, alle Wissenschaft und Forschung total untergrübe.

Beliebt man aber, für die zweite der obigen Annahmen sich zu entscheiden, nach welcher die beseelten Atome aus weiteren Theilen zusammengesetzt sind, so ist wieder ein Doppeltes möglich. Entweder hält man die Sinnlichkeit und Geistigkeit für eine dem ganzen Atome als solchem eigene Befähigung, und dann wird damit ein grober Nonsens behauptet, über den jedes brauchbare Schulbuch der Philosophie die nöthige Auskunft gibt. Oder es wird die Geistigkeit für ein Attribut nicht des Ganzen, sondern der letzten Theilchen erklärt, die selbst wieder untheilbar sein sollen, und dann fallen wir in die erste Alternative zurück.

Wollten wir aber auch für einen Augenblick das Undenkbare für möglich gelten lassen, würden wir dann mit den möglichen beseelten Atomen die Schwierigkeit gehoben haben? Keineswegs. Es stellte dann eine zweite Unmöglichkeit sofort wieder eine unüberschreitbare Schranke vor uns. Denn die seelisch-geistigen Atome erweisen sich bei genauerer Prüfung als unfähig, jene Erscheinungen zu bewirken, die dem lebendigen Organismus thatsächlich eigen sind. Schon auf der allerniedrigsten Lebensstufe, im Pflanzenorganismus, leuchtet ja aus Allem, wie wir im ersten Theile sahen, eine viel höhere und festere Einheit heraus, als die sein kann, welche ein Verband derartiger Atome erreichen kann. Er ist als Ganzes in Bau und Thätigkeit ein wahres Individuum und nicht ein Verband von Individuen. In den Thieren und Menschen sodann läßt sich aus den Sinneswahrnehmungen und aus dem Selbstbewußtsein unumstößlich beweisen, daß jede Art von Individuenvergesellschaftung in ihnen rein un-

denkbar ist. Da nun in diesen beiden Klassen von Lebewesen auch für die vegetativen Lebensprocesse dieselbe individuelle Einheit streng nachweisbar ist, so schließen wir hieraus wieder mit Fug und Recht, daß die gleich verlaufenden Vegetationsprocesse im Pflanzenorganismus nur eine individuelle Ursache haben. — Doch halt, wir gerathen immer tiefer in das rein speculative Gebiet hinein. Bei dem eigenthümlichen Gallimathias von Materie und Geist, bei der unseligen Amalgamation von Chemie, Physik und Physiologie, die unsere Gegner uns vorgelegt, ist so etwas eben nicht zu vermeiden. Indessen, sie pochen sonderbarer Weise ja auch auf die exacte Naturforschung. Stellen wir uns also zum Ende wieder auf rein positiven Boden!

Für den ächten Forscher hat — so hört man heute bis zum Überdruß — nur dasjenige Beweiskraft, was aus der exacten Erfahrung thatsächlich und direct sich ableiten läßt. Gerade deßhalb wollen ja Häckel und Consorten von einer Seele außer den Atomen nichts wissen. Wir kennen, sagen sie, durch directe Erfahrung nur Atome; wenn also der Mensch denkt, so denken seine Atome! Bei all den vielen positiven Kenntnissen, welche ich Herrn Häckel in Zoologie und experimenteller Biologie gerne zugestehe, glaube ich doch ganz begründete Zweifel darüber hegen zu dürfen, ob er genug Chemiker sei, um die Atome so sicher aus der Erfahrung abzuleiten. Denn über die dafür vorliegenden positiven Beweise bin ich wohl orientirt und gebe zu, daß diese Ableitung zwar sich verificiren lasse, behaupte aber auch, daß dieses keineswegs so glatt abgehe, und verweise auf eine Reihe der tüchtigsten Chemiker und Physiker, wie Brodie, Frankland, Odling, Tyndall, Würtz, Berthelot, St. Claire Deville, Troost, Lothar Meyer u. a., die noch in letzter Zeit die Annahme der Atome eben nur für eine Hypothese erklärten[1]. Nun, trotz alledem gebe ich zu, daß die Existenz der Atome aus den Daten der Chemie und Physik sich beweisen lasse. Aber folgt denn daraus, daß die Atome denken, weil der Mensch denkt? Doch nur dann allenfalls, wenn von vornherein als feststehend angenommen wird, daß der Mensch nichts als ein Complex von Atomen ist; also nur dann allenfalls, wenn das, was hier gerade in Frage steht und ermittelt werden soll, als selbstverständliches Axiom hingenommen wird. Da hört doch alle Logik auf. Oder haben etwa die psychischen Materialisten irgend

[1] Vgl. Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft zu Berlin 1869, S. 315 und 617; 1873, S. 1199; Jahresberichte über die Fortschritte der Chemie für 1877, S. 143. Lothar Meyer, Die modernen Theorien der Chemie. 3. Aufl. 1876, S. 346 ff.

einen Schein von Leben, von Seelenäußerung am Atome schon wahrgenommen? Haben sie vielleicht durch das Mikrophon schon mit den Atomen ihre Gedanken ausgetauscht? Wo immer wir Leben in der Materie wahrnehmen, treffen wir offenbare übermaterielle Selbstbestimmung, Wachsthum, Ausbau und Umgestaltung; haben sie nun vielleicht an den Atomen etwas wahrgenommen, was auf Ernährung, Wachsthum, Fortentwicklung des Atomes schließen ließe? Beweist uns die Chemie nicht das gerade Gegentheil? Beweisen nicht alle Ergebnisse positiver Forschung übereinstimmend, daß die Atome ihrem wohlbekannten Wirken nach in diamentralem Gegensatz sich befinden zu allen specifischen Lebenserscheinungen, heißen diese Vegetation, Sinnes- oder Geistesthätigkeit? Der einzige Grund, welcher sie zu ihrer Lebenstheorie bewog, ist kein positiver, sondern ein negativer. Sie *wollen* eben nichts Anderes anerkennen, als die Materie. Stat pro ratione voluntas!

„All ihr Läugnen und ihr Zweifeln, Freunde, wißt,
Nur der Abglanz ihres schwarzen Herzens ist."

Vierter Abschnitt.

Der Nihilismus als Schluß.

Die erste Gegenpartei, mit der wir es zu thun hatten, verlor sich blindlings, das Leben selbst übersehend, in die chemisch-materielle Seite des Lebendigen. Sie steht auf der niedrigsten Stufe des wissenschaftlichen Materialismus und faßt die Lebensfrage viel zu kraß an, als daß sie lange die herrschende Richtung hätte abgeben können. Es kam deßhalb der physikalische Materialismus, um in Bahnen einzulenken, die sich weniger klar als Irrwege verrathen. Nein, sagt er, Atome und Molekeln, die gewöhnlichen physikalischen und chemischen Kräfte, reichen nicht aus zum Leben. Entweder müssen wir außergewöhnliche materielle Kräfte im Organismus, Contactkräfte oder sonst welche, spielen, oder aber von Außen her ungewöhnliche Einwirkungen auf die Materie irgendwie einfließen lassen. Indessen, auch diese Auffassung befriedigte nicht Alle; Manche griffen zu Atom- und Molekelseelen, um durch sie vielleicht einen Ausweg sich zu öffnen aus den Labyrinthen des materialistischen Lebens. Da kommt nun zum Schluß Herr **du Bois-Reymond** und spricht gelassen das große Wort: Aldehyde und Contactkräfte, Atom- und Molekelseelen sind einzeln und zusammengenommen eitel Firlefanz und Larifari,

mit welchem man keinen todten Hund hinter dem Ofen hervorziehen, geschweige denn Leben in die todte Materie hineinbringen kann; das Leben ist, gestehen wir es nur offen, für uns ein unlösliches Räthsel. „Ignorabimus." Geben wir uns deßhalb auch weiter keine Mühe mehr, unsere Kräfte unnütz daran zu versuchen, und halten wir uns ergeben und standhaft um so inniger an das Experiment, da ein Fatum uns die Einsicht in das, was hinter dem Experiment gelegen ist, versagt hat. Was will man da mehr? Der Materialismus widerlegt sich so in seiner eigenen Entwicklung am besten und eindringlichsten; Stück um Stück reißt er sein eigenes Gebäude nieder, um dann auf dessen Trümmern auszurufen: „Ignoramus, ignorabimus!" [1] Diese Todtenklage ist das glänzendste Zeugniß für die Unfähigkeit des Materialismus für jede wissenschaftliche Erklärung, und wir sind Herr du Bois-Reymond aufrichtig dankbar dafür, daß er uns für den Schluß ein so kräftiges Argument dictirt hat. Als Professor der ersten Hochschule Deutschlands und als langjähriges Mitglied der Akademie der Wissenschaften steht er auf der höchsten Warte der modernen Wissenschaft; in Mathematik, Physik und Physiologie bewandert wie einer und durch selbständiges, gediegenes Forschen seit vielen Jahren berühmt, ist er gewiß der Mann, ein richtiges Urtheil zu fällen, mögen die kleineren, kurzsichtigeren Geister damit auch noch so wenig sich einverstanden erklären.

Man sollte nun glauben, nach dieser Erkenntniß wäre nichts vernünftiger, als den exclusiv materialistischen Standpunkt, der ja allein die Schuld dieses Fiasko's trägt, zu verlassen und zu sehen, ob nicht von einem anderen Standpunkte aus, etwa von dem dualistischen, dem ätherischen Lebensodem besser beizukommen sei. Herr Professor Reinke, der, wie wir oben (S. 148) gesehen, bei consequenter Erwägung der physikalischen Lebenserklärung ebenfalls an den Rand des nihilistischen Abgrundes hingeführt wurde, gesteht, bei diesen trüben Aussichten „würde es schon einen Fortschritt von ungeheurer Wichtigkeit bedeuten, wenn sich mit Sicherheit feststellen ließe, daß ein Theil der physiologischen Vorgänge, wie es gegenwärtig allerdings den Anschein besitze, über die Grenzen der Physik hinausragt". Wenn nun aber diese Feststellung nach dem Ermessen solcher Forscher „von ungeheurer Wichtig-

[1] In einem ganz ähnlichen Sinne hatte sich der berühmte englische Physiker Tyndall in seiner Rede zu Norwich schon 1871 ausgesprochen. Mehrere der geistreichsten Physiologen stimmten in der Folge der Erklärung von du Bois-Reymond bei.

keit" ist, wie sie es doch wahrhaftig in sich selbst und noch mehr wegen ihrer Consequenzen in der That ist, warum verlegen sie sich nicht mit allem Eifer darauf? Warum scheuen sie vor dieser Untersuchung zurück? Herr du Bois-Reymond sagt es und warnt davor: denn damit steuerte man mit vollen Segeln unfehlbar dem dunkeln und verhaßten Mittelalter zu! Wie spottend ruft er den Forschern zu: „Mögen sie es doch mit dem einzigen Ausweg versuchen, dem des Supernaturalismus" — besser des Supermaterialismus oder Dualismus —; nur sollen sie wohl bedenken, „daß, wo der Supernaturalismus anfängt, die Wissenschaft aufhört". Es gereicht gewiß dem klaren Blick des Herrn Professors zur Ehre und unseren bisherigen Auseinandersetzungen zu schätzenswerther Bestätigung[1], daß auch er in dem Supermaterialismus einen „Ausweg" sieht, ja noch mehr, ihn selbst als „einzigen Ausweg" erkennt; einen sehr trüben Schatten aber wirft es auf die Aufrichtigkeit seiner Forschung, wenn er diesen erkannten einzigen Ausweg aus der fatalen Rath- und Hilflosigkeit des Materialismus verschmäht. Bei der Achtung, die wir vor seinen Geistesfähigkeiten haben, wird es uns schwer, zu glauben, daß es ernst gemeint ist, wenn er sich hinter der Erklärung verschanzt, mit der dualistischen Weltanschauung höre alle „Wissenschaft" auf. Oder ist etwa auch ihm „Wissen" gleichbedeutend mit „rein empirischem Erkennen"? Dann freilich wäre seine Erklärung begreiflich, aber auch ohne allen Werth. Dann wäre auch das Meiste von dem, was er selbst bisher für Wissenschaft gehalten, keine Wissenschaft; ja die Wissenschaft hörte überhaupt ganz auf, und wir müßten auch ihm die herben Worte wiederholen, die wir am Schlusse des ersten Theiles an die einseitig-exclusiven Empiriker gerichtet haben. — Für uns bedeutet „Wissen" nicht so viel als: „mit Augen sehen" und „mit Händen greifen", sondern das geistige Durchdringen dessen, was die Sinne erfassen; für uns ist Wissenschaft das Erkennen der Dinge in ihrer ursächlichen Verkettung, und sie hat um so mehr Anspruch auf ihren Namen, je tiefer sie geistig eindringt und je weiter sie geistig ausblickt, je mehr Thatsachen sie in einen gemeinsamen einheitlichen Causalnexus zu bringen weiß, Alles so weit als möglich auf die letzte Existenzursache zurückführend und aus dem innersten Wesensgrunde erklärend.

[1] Wie die nihilistischen Geständnisse du Bois-Reymonds in seinen „Sieben Welträthseln" eine glänzende Bestätigung für die gesammte christliche Naturauffassung überhaupt seien, wurde in den „Historisch-politischen Blättern" 1882, Bd. 89. S. 840 ff. trefflich dargelegt.

Hüten wir uns indessen, durch Phrasen uns täuschen zu lassen. Nicht Achtung vor „voraussetzungsloser" Wissenschaft, nicht Streben nach „wahrem, unbegrenztem Fortschritt", nicht Abneigung gegen den „faulen Dogmatismus", und wie die schönen Schlagwörter alle lauten mögen, ist der wahre Grund, weßhalb man von der scholastischen Lebens- und Naturauffassung nichts hören und lieber an allem Wissen verzweifeln als ihr nach Gebühr Anerkennung zollen will. Nein, sagen wir es nur gerade heraus, es ist die Furcht vor dem und der Haß gegen das Christenthum. Diese scholastische Lehre ist die Lehre eines hl. Thomas und Augustinus, sie ist die Lehre des ganzen katholischen Mittelalters, sie war und ist die beständige Lehre in der gesammten katholischen Kirche und wurde noch in den letzten Jahren durch Leo XIII. den katholischen Gelehrten als Norm vor Augen gestellt. Anerkennen, daß die moderne Wissenschaft und die ungläubige freie Forschung darum auf Abwege gekommen, weil sie diese verlassen und verspottet; anerkennen, daß sie elend geirrt, während die verachteten „Dunkelmänner", die vor dem kirchlichen Dogmenglauben sich gebeugt, das Richtige gefunden haben: dieses wäre zu viel verlangt von dem Stolz einer von Gott abgefallenen Wissenschaft. Dazu kommt noch, daß die Annahme des scholastischen Dualismus, der ja *ein* nothwendiges Glied im harmonisch ausgebauten Lehrsysteme bildet, consequent auch zu anderen Anschauungen führte, ja, wenn frei und entschieden erfaßt, vielleicht zum Christenthum selbst. Und dieses erst wäre unter dem Schlimmsten das Allerschlimmste. Diese Fernsichten sind es, und nichts Anderes, welche die Forscher zurückschrecken, den letzten Schritt zu wagen, nachdem ihre eigene Forschung sie bis zur Grenze vorgedrängt hat. Sie schlagen dieselben mit der gefährlichsten Blindheit.

Traurig und betrübend ist es, sehen zu müssen, wie heute so viele hervorragende Talente und hochbegabte Geister, die doch, wie alles Andere, nur zur Verherrlichung Gottes existiren, aus Furcht vor Gott und dem Göttlichen, bewußt oder unbewußt vor der Wahrheit fliehen, wie sie in Folge hiervon, anstatt die Erkenntniß der Wahrheit zu fördern, die absonderlichsten Truggebilde — wir haben im Verlauf der Arbeit Proben genug derselben kennen gelernt — für Wahrheit ausgeben und die Unvorsichtigen bethören. Nachdem die Forscher furchtlos und ungescheut, wie einer derselben sich ausdrückte, „Gott vor die Thüre zu setzen" sich erdreistet, scheuen sie, wie vom Fluche betroffen, vor Allem zurück, was sie an Gott erinnert, was sie zu Gott, der letzten Ursache aller Dinge, der Quelle aller Wahrheit, Wissenschaft und Weisheit, zurück-

geleiten könnte. Unstät und ruhelos, unbefriedigt und erfolglos irren sie zwischen den Gotteswerken der sichtbaren Schöpfung umher, untersuchen und prüfen eines nach dem andern mit ungestümer Hast bis in das letzte Detail, um darüber entweder für alles Übersinnliche, die wirkliche Wahrheit, zu erblinden oder, wenn sie ihr noch nachgehen, zum Bekenntniß zu kommen, dazu verdammt zu sein, die Wahrheit, ungeachtet des steten Dranges nach ihr in der eigenen Brust, nirgends finden zu können. „Humiliamini sub potenti manu Dei, ut vos exaltet", und ihr werdet die Wahrheit, die vor euch liegt, auch wieder erkennen. Denn:

„Aus jedem Punkt im Kreis zur Mitte geht ein Steg,
Vom fernsten Irrthum selbst zu Gott zurück ein Weg."

Doch „die starken Geister überwinden solche Stunden der schwächlichen Verzweiflung und Entsagung, wie sie ja keinem erspart bleiben, und bald hören wir sie mit einem ‚Laboremus!' wieder an die Arbeit gehen, vielleicht voll Reue über ihr vorschnelles Absprechen und dem darin liegenden Freveln an der Zukunft des Geistes. Vielen ohne Zweifel, die das Ganze zu wissen begehrten, ist dann die Theilstreckenforschung für immer verleidet, sie suchen in praktischer Thätigkeit ihr geistiges Leid zu vergessen, so der Genius Dürers, dem Hammer und Säge, Hobel und Richtscheit Trost bietend winkten, so der Canäle bauende und Länder entwässernde Faust des alternden Dichters. Aber unentmuthigt von dem Anblick der niedergeschmetterten und gebeugten Titanen, sehen wir immer neue, junge und frische Kräfte, wie der griechische Dichter sagt:

‚Manch einen finsteren Geist, der sich in Unruhe sehnet,
Dem Wissen nachzueilen, wie einem sinkenden Stern,
Weit über den äußersten Flug menschlichen Denkens hinaus.'" [1]

Sehr schlechter Trostbalsam! — Auch Herr du Bois-Reymond ist einer der starken Geister. Er hat es über sich gebracht, seinen herben Kummer wegen der Aussichtslosigkeit der exclusiven Experimentalforschung zu verwinden. Aus seiner letztjährigen Rede zur Geburtsfeier des Kaisers in der Akademie der Wissenschaften zu Berlin am 23. März spricht wieder die fröhlichste Stimmung, und plötzlich sieht er wieder Alles in rosigstem Lichte. Mit heroischer Resignation weiß auch er in das Unvermeidliche sich zu schicken, und anstatt auf die Schattenseiten der

[1] So E. Krause in dem merkwürdigen Aufsatze: „Über die Fauststimmung, ein Zeitbild". Kosmos. Jahrgang 1879—1880, Bd. 4. S. 6.

Forschung trüben Blickes hinzuschauen, räth er, nur die Lichtseiten im Auge zu behalten und an ihrem Glanze zu immer rastloserer Arbeit sich zu erwärmen. „Je fleißiger und an je mehr Stellen aus irgend welchen Beweggründen (!) geschafft wird, um so schneller geht die scheinbare Stockung vorüber, um so sicherer und breiter wird für neue große Aufstellungen der Grund gelegt. Mag es Jahre dauern oder Jahrzehnte, der Tag erscheint, wo nicht mehr zerstreut durch einen Schwarm vor Allem Erledigung heischender Fragen, die Forschung ihre Kräfte zum Angriff auf die höchsten uns jetzt vorschwebenden Aufgaben sammelt: Was ist Schwere? was Elektricität? was der Mechanismus chemischer Verbindung? und was die Zusammensetzung der bisher unzerlegten Stoffe? Sie wird sie lösen; denn je unbedingter wir Grenzen des Naturerkennens setzen, um so zuversichtlicher bauen wir auf die Möglichkeit des Erkennens innerhalb dieser Grenzen. Jenseits jener Aufgaben thürmen sich dann andere, und so wiederholt sich in's Unbestimmte der periodische Wechsel im Entwicklungsgange der menschlichen Erkenntniß." [1] Halten wir uns unverdrossen an die Arbeit, suchen wir, von allen transcendentalen Fragen absehend, unsere Kräfte — gleichviel aus welchen Gründen — dem Entwicklungsgange der menschlichen Kenntnisse „in's Unbestimmte" zu weihen! Das ist sein neues Losungswort; — im Grunde nur eine Variante seines früheren „Ignorabimus" von gefälligerer Form und auf den ersten Blick wohl für manchen Forscher recht ansprechend. Hinter ihm aber gähnt derselbe Abgrund der menschlichen Unfähigkeit, sich auf die wichtigsten Fragen eine Antwort zu geben, auf Fragen, die für jeden geraden Menschensinn tausendmal mehr Bedeutung und Folgenschwere haben, als die Fragen: Was ist Gravitation oder Elektricität? Nein, der wissenschaftliche Nihilismus wird auf solche Weise nicht aus der Welt geschafft, sondern höchstens nothdürftig den Blicken entzogen. Es glimmt seine Gluth unter der Asche weiter, und trotz des steten Entwicklungsganges der menschlichen Kenntnisse werden seine Folgen nicht ausbleiben und früher oder später ein verheerendes Feuer entzünden.

Falls die Entwicklung der modernen Forscherwissenschaft, die heute offenbar wieder einmal an einem Scheidewege angelangt ist, auf dem Wege des gottesscheuen Unglaubens excentrisch vom Mittelpunkte der Wahrheit und des Lichtes hinweg fortschreitet, steht da nicht zu befürchten, daß sie nicht bloß alle Wissenschaft aus der Welt verbannen, sondern

[1] Vgl. Deutsche Rundschau, 8. Jahrgang 1882, S. 272.

selbst auch das Licht des Verstandes den Menschen am Ende ausblasen wird, daß sie entweder alle höheren geistigen Bestrebungen durch exclusive Empirie total ersticken und die Menschheit im Sinnentaumel immer mehr verthieren, oder aber die gelehrten Hochschulen zu Irrenanstalten und die Irrenanstalten zu den Sammelpunkten der Gelehrten machen wird? — Gerade so, wie auf politischem Gebiete der consequente Fortschritt des materialistischen Atheismus nothwendig alle staatliche Ordnung in die tollste sociale Confusion verkehren muß. Die „reine", d. i. die von Gott losgelöste Forschung ließ ja einer unserer geschätztesten Dichter schon vor fast 100 Jahren in die Umkehr aller Ordnung — freilich von einem anderen Gesichtspunkte aus als wir — auslaufen, und der Forscher A. von Humboldt hielt, wie bekannt, große Stücke gerade auf diese Dichtung.

„Seine Fesseln zerbricht der Mensch, der beglückte! Zerriß er
Mit den Fesseln der Furcht nur nicht den Zügel der Scham!
Freiheit ruft die Vernunft, Freiheit die wilde Begierde,
Von der heil'gen Natur ringen sie lüstern sich los.
Ach, da reißen im Sturm die Anker, die an dem Ufer
Warnend ihn hielten, ihn faßt mächtig der fluthende Strom;
In's Unendliche reißt er ihn hin, die Küste verschwindet.
— — — — — — —
Einer Tigerin gleich, die das eiserne Gitter durchbrochen
Und des numidischen Walds plötzlich und schrecklich gedenkt,
Aufsteht mit des Verbrechens Wuth und des Elends die Menschheit
Und in der Asche der Stadt sucht die verlorne Natur."

Zum Schlusse gekommen, bitten wir jetzt den Leser, auf unsere lange Untersuchung zurückblickend, die alte scholastische Lehre vom Leben neben die lockeren Speculationsversuche der modernen Wissenschaft hinzuhalten und zu bedenken, daß ein ganz ähnliches Verhältniß, wie in dieser Frage, auch in allen anderen speculativen Fragen obwaltet. Dann wird er, wir zweifeln nicht, zu der Überzeugung gelangen, daß die alte speculative Wissenschaft der modernen gegenüber ebenso dasteht, wie der majestätische, langgezogene, wohlgegliederte Wunderbau der Andes aus unvergänglichem Felsgestein und mit herrlichen Bergesriesen, deren „Stirn sich umkränzt mit diamantener Krone" — gegenüber den niedrigen, unruhig vom Winde hin- und hergewehten, unfruchtbaren Sandwällen, die an ihrem Westfuße die Salzfluth umsäumen.

Nachträglicher Zusatz.

Als wir kürzlich in einer Bücheranzeige die zweite Auflage der Löw-Bokorny'schen Schrift unter dem veränderten Titel „Die chemische Kraftquelle im lebenden Protoplasma" aufgeführt fanden, vermutheten wir, es möchte dieser Titelverbesserung auch eine Verbesserung des Inhaltes entsprechen, so daß einige unserer S. 125 ff. gemachten Bemerkungen gegenstandslos geworden seien. Ja, wir dachten selbst schon an die Möglichkeit, daß den Auctoren unsere Besprechung ihrer Arbeit in „Natur und Offenbarung" (Jahrg. 1882) zu Gesicht gekommen und sie daselbst (S. 282) die Worte gelesen: „Indem wir einerseits nun gern anerkennen, daß die beiden Forscher unsere Kenntniß des Eiweißes durch ihre Arbeiten gefördert haben, so müssen wir uns doch andererseits sehr darüber wundern, wie sie auf Grund ihrer wenigen positiven Resultate sich zu dem gewaltigen Titel versteigen konnten, den sie ihrer Broschüre vordrucken ließen, wie zu den weitausgreifenden Behauptungen über das Leben am Ende derselben." Die Einsicht in die zweite Auflage selbst belehrte uns dann, daß in der That jene „weitausgreifenden Behauptungen" am Ende der ersten Auflage S. 58 weggefallen oder, besser gesagt, stark beschnitten worden waren. Sie überzeugte uns aber auch leider, daß bezüglich der von uns oben gerügten Ungenauigkeiten und Ideenverwechslungen nicht bloß eine wesentliche Besserung nicht eingetreten sei, sondern daß im Gegentheil der eine oder andere Irrthum selbst eine Verschärfung oder einen Zuwachs erfahren habe.

Die Veränderung des Titels „Die chemische Ursache des Lebens" in den neuen: „Die chemische Kraftquelle im lebenden Protoplasma" erweckt allerdings den Schein, als wenn die Verfasser in Übereinstimmung mit dem, was wir oben S. 137 hervorgehoben haben, an die Aldehyde jetzt viel mäßigere Anforderungen stellen und sie nur zur Erklärung der

chemischen Veränderungen und des mechanischen Kraftwechsels benützen wollten. Wie wenig dieses jedoch thatsächlich der Fall ist, lehren gleich die ersten Worte des Textes, die neu hinzugekommen sind. „Grundlage," so heißt es da, „des gesammten organischen Lebens, sowohl des pflanzlichen als des thierischen, ist das Albumin, dessen Moleküle zu einem complicirten, uns noch sehr dunkeln Bau, dem Protoplasma, zusammengefügt sind. Obwohl die neuere Naturwissenschaft die Idee, das Leben gehöre in das Bereich des Unerforschlichen, in das Gebiet metaphysischer Speculation, des Transcendentalen, zurückwies und die Nothwendigkeit einer chemisch-physikalischen Betrachtungsweise der Lebenserscheinungen betonte, blieb doch das Räthsel des Lebens noch immer so dunkel wie zuvor; und dieses war begreiflich; denn fehlte es doch an einer gut begründeten Vorstellung über die Constitution des Albumins." Hier wird ja klar genug dem Eiweiß die Aufgabe zugewiesen, zur Erklärung nicht bloß einiger stofflicher Vorgänge im lebenden Protoplasma, sondern „des gesammten organischen Lebens" zu dienen. Ganz dieselbe Auffassung lassen auch die immerhin abgeschwächten Schlußworte S. 78 noch deutlich genug durchblicken. Wir finden somit auch in der neuen Auflage dieselbe Unklarheit über den Lebensbegriff, dieselbe Verwechslung des Lebens mit einigen Lebenserscheinungen.

Der Organisation wird freilich in der neuen Auflage eingehender gedacht. Wenn wir unter den Thesen am Schlusse der Broschüre in der vierten lesen: „Die Organisation des Protoplasma's — der Aufbau desselben aus Molekülen activen Albumins — ist für das Zustandekommen der Lebensfunctionen von derselben Wichtigkeit wie die Aldehydnatur desselben", so sollte man wieder glauben, daß in diesem Punkte wenigstens, trotz der Schiefheiten, die auch diesem Satze noch anhaften, ein Fortschritt zum Besseren sich offenbare. Ziehen wir jedoch den Text selbst zu Rathe über den Sinn dieser These, so können wir nicht umhin, eine Verschlechterung zu constatiren. Denn es wird nun auch der Begriff der Organisation in den Strudel mehrfacher Verwirrung hineingezogen. Organisation soll nach S. 92 weiter nichts als „der gesetzmäßige Aufbau größerer Complexe aus Molekülen activen Eiweißes sein". Nach S. 77 ist die bewegende Kraft der Aldehydgruppen eine „von der Organisation unabhängige Function"; S. 92 dagegen werden die chemischen Qualitäten des aldehydigen Eiweißes der Organisation untergeordnet. Auf S. 93 endlich bemüht sich Herr Löw, die Organisation einfachhin als eine Function der Aldehydnatur des Eiweißes hin-

zustellen. „Suchen wir," so sagt er, „nach einer befriedigenden (?) Antwort auf die Frage, wodurch die Organisation veranlaßt wurde, so finden wir vielleicht den Schlüssel im chemischen Charakter des activen Albumins. Denken wir uns mehrere regellos neben einander liegende Moleküle desselben, so werden sie durch die von ihnen ausgeführten Atomstöße einander bald in eine solche Stellung bringen, daß ihre gegenseitige Anziehung nicht mehr in Conflict geräth mit den ausgetheilten Stößen. Die erste Spur einer solchen gesetzmäßigen Stellung ist auch die erste Spur der Organisation und der erste Anfang der Anpassungsfähigkeit (!), welche in der lebendigen Welt eine so wichtige Rolle spielt." Stößt Herr Löw mit diesen Worten nicht selbst wieder seine vierte These um? Führt er nicht Alles wieder auf die Aldehyde zurück? — Gewiß, solche „Speculationen" sind so weit entfernt, etwas zur Klärung der Organisation beizutragen, daß sie vielmehr offenkundig machen, wie wenig der Verfasser das Wesen der Organisation und ihre Beziehungen zu dem erkannt hat, was in Wahrheit „Leben" zu nennen ist, und daß sie ein sehr ungünstiges Licht auf den Ernst werfen, mit welchem der Verfasser an die Lösung so wichtiger Fragen herantritt.

Dem allgemeinen „Odium" gegen eine besondere Lebenskraft glaubten endlich die Verfasser durch die Aufnahme der Worte Schleidens einen kräftigeren Ausdruck geben zu müssen. Ohne daß sie es aussprechen, ist doch aus der Broschüre selbst zu entnehmen, wie sehr dieser Kraftspruch mit ihrer eigenen Meinung übereinstimmt. Da derselbe eine pikante Illustration zu demjenigen bietet, was wir oben S. 2, 98, 104, 117, 172 u. a. m. bemerkt haben, wollen auch wir demselben hier eine Stelle einräumen. „Jetzt (1844), wo noch so tausend verschiedene Fragen sich anbieten, deren Lösung durch das genauere Studium der unorganischen Kräfte zu hoffen ist (vgl. oben S. 147 u. 148), da tausende von Versuchen und Experimenten noch zu machen sind, die nur die unorganischen Kräfte betreffen und die noch gemacht werden müssen, ehe wir fortschreiten können, ist es geradezu lächerlich, von der Lebenskraft anders zu sprechen, als von einem unbekannten X, dessen Werth am Ende der Rechnung auch wohl = 0 werden könnte. — Nur Unwissenheit und Geistesträgheit sind bei dem jetzigen Stande unserer Naturwissenschaften die Vertheidiger einer Lebenskraft, die Alles machen, Alles erklären soll und von der Keiner angeben kann, wo sie steckt, wie sie wirkt, an welche Gesetze sie gebunden ist. Der Wilde, der eine Loco-

motive ein lebendes Thier nennt, ist nicht unwissender als der Naturforscher, der von Lebenskraft im Organismus spricht." Die Antwort hierauf ist in unserer Schrift, wie wir hoffen, klar genug gegeben. Wenn wir an der einen oder anderen Stelle vielleicht einen zu herben Ton angeschlagen, so möge der Leser aus obiger Stelle entnehmen, ob er nicht wenigstens viel milder sei als derjenige der Angreifer.